Aus dem Physiologischen Institut der Universität
Marburg/Lahn
Direktor: Prof. Dr. H. Hensel

# PHYSIOLOGISCHE REAKTIONEN BEI INTERMITTIERENDER LÄRMBELASTUNG

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades der Humanbiologie
des Fachbereichs Humanmedizin
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

BEATE HARTMANN
aus Stuttgart

Marburg 1978

Druck: Görich & Weiershäuser, Marburg

Aus dem Physiologischen Institut der Universität
Marburg/Lahn
Direktor: Prof. Dr. H. Hensel

# PHYSIOLOGISCHE REAKTIONEN BEI INTERMITTIERENDER LÄRMBELASTUNG

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades der Humanbiologie
des Fachbereichs Humanmedizin
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

BEATE HARTMANN
aus Stuttgart

Marburg 1978

Druck: Görich & Weiershäuser, Marburg

Angenommen vom Fachbereich Humanmedizin
der Universität Marburg am 20. Juni 1978
gedruckt mit der Genehmigung des Fachbereichs

Dekan: Prof. Dr. med. F. Neurath
Referent: Prof. Dr. med. H. Hensel
Correferent: Prof. Dr. med. G. Hildebrandt

# Inhaltsverzeichnis


| | | Seite |
|---|---|---|
| 1. | Einleitung | 1 |
| 1.1. | Verschiedene Einteilungen der Lärmreaktionen | 2 |
| 1.2. | Das Problem einer Gewöhnung an Lärm | 4 |
| 1.3. | Lärmreaktionen ausgewählter Parameter | 7 |
| 1.3.1. | Kreislauf | 7 |
| 1.3.1.1. | Herzfrequenz | 7 |
| 1.3.1.2. | Hautdurchblutung | 11 |
| 1.3.2. | Atmung | 14 |
| 1.3.3. | Elektroenzephalogramm | 15 |
| 1.4. | Problemstellung | 18 |
| 2. | Methodik | 19 |
| 2.1. | Auswahl der Versuchspersonen | 19 |
| 2.2. | Versuchsaufbau und -ablauf | 19 |
| 2.3. | Datenerfassung und -verarbeitung | 20 |
| 2.3.1. | Subjektive Größen | 23 |
| 2.3.2. | Atemkurve | 23 |
| 2.3.3. | Herzperiodendauer | 24 |
| 2.3.4. | Puls/Atem-Frequenzquotient | 24 |
| 2.3.5. | Hautdurchblutung | 24 |
| 2.3.6. | Elektroenzephalogramm | 25 |
| 2.4. | Statistische Methoden | 26 |
| 3. | Ergebnisse | 27 |
| 3.1. | Beurteilung der Versuche durch die Versuchspersonen | 27 |
| 3.2. | Atemfrequenz | 29 |
| 3.3. | Herzfrequenz | 31 |
| 3.4. | Puls/Atem-Frequenzquotient | 38 |

| | | Seite |
|---|---|---|
| 3.5. | Hautdurchblutung | 38 |
| 3.6. | Elektroenzephalogramm | 46 |
| 4. | Diskussion | 51 |
| 4.1. | Reaktionen auf Lärm | 51 |
| 4.2. | Kurzzeitadaptation | 55 |
| 4.3. | Langzeitadaptation | 56 |
| 5. | Zusammenfassung | 60 |
| 6. | Literaturverzeichnis | 62 |
| 7. | Anhang | 82 |

## 1. Einleitung

Schon seit etwa 2000 Jahren gibt es Zeugnisse, daß der Mensch unter Lärm leidet. Während Stellen des Alten Testamentes die störenden Handwerksgeräusche in Israel erwähnen, verbot Elisabeth I (1533 - 1603) den englischen Ehemännern, nach zehn Uhr abends ihre Frauen zu schlagen, damit durch deren Schreie die Nachbarn nicht gestört würden.
Arthur Schopenhauer (1788 - 1860) hatte andere Probleme:

> "Nunmehr aber, vom genus auf die species übergehend, habe ich, als den unverantwortlichsten und schändlichsten Lärm, das wahrhaft infernale Peitschenklatschen, in den hallenden Gassen der Städte, zu denunzieren, welches dem Leben alle Ruhe und alle Sinnigkeit benimmt. Nichts gibt mir von dem Stumpfsinn und der Gedankenlosigkeit der Menschen einen so deutlichen Begriff, wie das Erlaubtsein des Peitschenklatschens. Dieser plötzliche, scharfe, hirnlähmende, alle Besinnung zerschneidende und gedankenmörderische Knall muß von jedem, der nur irgendetwas einem Gedanken Ähnliches im Kopfe herumträgt, schmerzlich empfunden werden; jeder solche Knall muß daher Hunderte in ihrer geistigen Tätigkeit, so niedriger Gattung sie auch immer sein mag, stören: dem Denker aber fährt er durch seine Meditation so schmerzlich und verderblich, wie das Richtschwert zwischen Kopf und Rumpf. Kein Ton durchschneidet so scharf das Gehirn wie dieses vermaledeite Peitschenklatschen: man fühlt geradezu die Spitze der Peitschenschnur im Gehirn, und es wirkt auf dieses wie die Berührung auf die mimosa pudica; auch ebenso nachhaltig. Bei allem Respekt vor der hochheiligen Nützlichkeit sehe ich doch nicht ein, daß ein Kerl, der eine Fuhr Sand oder Mist von der Stelle schafft, dadurch das Privilegium erlangen soll, jeden etwa aufsteigenden Gedanken, in sukzessive zehntausend Köpfen im Keime zu ersticken. Hammerschläge, Hundegebell und Kindergeschrei sind entsetzlich: aber der rechte Gedankenmörder ist allein der Peitschenknall".

Grundsätzlich sind die Lärmquellen bis heute die gleichen geblieben: zum einen die Geräusche aus Verkehr, Technik und Handwerk und zum anderen Nachbarschaftslärm (SOMMER, 1967). Eine Umfrage im Oktober 1975 ergab, daß sich nur

33 % der Bevölkerung nicht durch Lärm gestört fühlen. 20 % empfinden tags und nachts eine Störung, 33 % nur tagsüber und 14 % während der Nacht (Institut für Demoskopie, Allensbach, 1975).

Forschungen über die Auswirkungen von Lärm gibt es erst seit ca. 50 Jahren, ursprünglich entstanden als Zweig der Akustik. Schwierigkeiten bereitete gleich die Definition des Begriffes "Lärm", denn physikalische Parameter, wie Intensität, Frequenzspektrum oder zeitliche Struktur, reichen zur Kennzeichnung nicht aus, notwendig ist noch die subjektive Ablehnung des Schalles durch den Hörenden (SADER, 1966). Das Spektrum reicht vom tropfenden Wasserhahn bis zur startenden Düsenmaschine. Heute hat man sich weitgehend auf eine Definition geeinigt, die dieser subjektiven Komponente Rechnung trägt: Lärm ist unerwünschter Schall.

1.1. Einteilung der Lärmreaktionen

Die Auswirkungen von Lärm sind sehr vielfältig. Ein Versuch der Gliederung besteht in der 1957 von LEHMANN vorgenommenen Unterteilung je nach einwirkender Lautstärke in vier Lärmstufen:

Stufe I 30 - 65 phon: nur psychische Lärmwirkungen.
Stufe II 65 - 90 phon: psychische und vegetative Reaktionen.
Stufe III 90 -120 phon: zusätzlich schon bei kurzer Einwirkung Vertäubung, bei längerer Einwirkung Schädigung des Innenohrs.
Stufe IV > 120 phon: auch kurze Einwirkung führt zu Innenohrschädigung.

Ein anderer Ansatzpunkt ist die Unterscheidung in einerseits Wirkungen auf das Ohr und andererseits generelle Beeinflussung von Informationsverarbeitungsprozessen und vege-

tativen Regulationsvorgängen (DFG-Beiträge zur Umweltforschung, 1976). Dabei ist die Lärmschwerhörigkeit die einzige spezifisch durch Lärm erzeugte Krankheit, die sogenannten extraauralen Lärmwirkungen können alle auch durch andere Stressoren hervorgerufen werden. Sie werden unterschieden in psychologische und physiologische Reaktionen (CANTRELL, 1974).

Die psychologischen Lärmwirkungen bestehen in dem Wecken negativer Emotionen, wie Erregung, Schreck, Verstimmung, Angst.

Bei den physiologischen Lärmwirkungen sollen nur die wichtigsten aufgezählt werden (CANTRELL, 1974; DFG-Beiträge zur Umweltforschung, 1976; Handbuch des Lärms, 1969).

- Beeinflussung der Herzaktivität mit sowohl Zu- als auch Abnahme der Herzfrequenz
- Verengung der peripheren Gefäße mit Folge einer Herabsetzung der Hautdurchblutung und Hauttemperatur sowie einer Verkleinerung der Fingerpulsamplitude
- Blutdruckschwankungen, insbesondere Steigerung des diastolischen Drucks
- Veränderungen des Hautwiderstandes
- Änderungen im Muskeltonus
- Pupillenerweiterung
- Atemfrequenzzu- und -abnahmen
- Hemmung der Magenperistaltik
- Höhere Werte des Kortikoid- und Adrenalinspiegels
- Veränderungen in Produktion und Wirkung der Gammaaminobuttersäure
- Vermehrte Leukozytenproduktion
- Veränderungen im Menstruationszyklus
- Schlafstörungen
- Schnellere Tumorausbildung bei infizierten Tieren
- Übergreifende Einflüsse auf andere Sinnesorgansysteme, z. B. Störungen des Tiefensehens und des Farbensehens sowie Störungen des Gleichgewichtssinnes (Übelkeit).

Viele dieser Lärmwirkungen werden auf eine Umstimmung des vegetativen Gleichgewichts des Organismus in eine ergotrope Richtung zurückgeführt.
Bereits eine der ersten Untersuchungen über vegetative Lärmreaktionen (CANNON, 1929) setzte diese den Angst-, Hunger-, Schmerz- und Wutreaktionen gleich und interpretierte sie als Notfallsfunktionen des Sympathicus.

1.2. Das Problem einer Gewöhnung an Lärm

Ein Organismus hat grundsätzlich die Fähigkeit, homoistatische Prozesse zu modifizieren. Auf einen langfristig einwirkenden Stressor kann er mit einer Adaptation reagieren, die dem Effekt des Stressors entgegenwirkt. Solche Modifikationen eines Prozesses können zum Beispiel in verbesserter Toleranz gegenüber dem Stressor bestehen. Eine Form der Toleranzadaptation ist die Habituation oder Gewöhnung, worunter die Verminderung initialer unspezifischer Reaktionen verstanden wird, ohne daß eine Änderung am Rezeptor oder am Effektor eingetreten wäre (HENSEL, 1974).

Die Rolle solcher Gewöhnungsprozesse im Zusammenhang mit Lärmreaktionen war Gegenstand zahlreicher Untersuchungen. Die dabei zu berücksichtigenden Faktoren können sowohl physiologischer als auch psychologischer Natur sein. Physiologische Vorgänge wären das Schwächerwerden einer ursprünglich stärkeren Reaktion oder das zusätzlich verstärkte Auftreten anderer Reaktionen. Als psychologische Faktoren können eine kognitive Umbewertung eines als ursprünglich schädlich angesehenen Reizes oder die erkannte Ohnmacht gegenüber dem Reiz angeführt werden (GUSKI, 1974). Im Laborversuch mag außerdem noch die Tatsache, daß ein an sich informationsloses Geräusch durch Wiederholung Information gewinnt, einen Einfluß auf den Adaptationsverlauf nehmen (KRYTER, 1976). Der Begriff "Information" wird dann

allerdings im Sinne der Semantik verwendet, denn vom informationstheoretischen Standpunkt aus hat ein Geräusch umso mehr Information, je unwahrscheinlicher es ist (CHERRY, 1963). Wiederholung führt also zu einer Verminderung der Unwahrscheinlichkeit und damit auch zu einer Verminderung der Information. Auch diese Tatsache kann wahrscheinlich Einfluß auf den Gewöhnungsprozeß nehmen.

Im allgemeinen wird es aber wenig sinnvoll sein, die Ursachen einer Gewöhnung in psychologische und physiologische Anteile aufzuspalten, da beides letztlich nicht voneinander zu trennen ist. Auf die vielfältigen Wechselwirkungen zwischen emotionalen und vegetativen Reaktionen wird zum Beispiel schon in der Ausdrucksphysiologie hingewiesen mit Begriffen wie "schreckensbleich" oder "schamrot" (SCHÖNPFLUG, 1967). Ein weiteres Beispiel ist der sog. antwortabhängige Effekt des Lärms: Lärm, der mit einem negativen Erlebnis gekoppelt ist - z. B. dem Verfehlen einer Aufgabe - ruft stärkere Reaktionen hervor, als wenn er mit einem positiven Erlebnis gekoppelt ist. Das Unangenehme des Reizes an sich ist gering, aber die eigene Fehlentscheidung belegt ihn negativ (KRYTER, 1970).

Der Zusammenhang zwischen Stressor und Stressreaktion ist demnach ein sehr komplexer Sachverhalt, und es ist nicht weiter verwunderlich, daß in der Literatur sehr unterschiedliche Theorien zur Frage der Lärmadaptation existieren. Die am weitesten gehende Aussage treffen GLASS und SINGER (1972), wenn sie postulieren, daß es keinen Reiz gibt, an den man sich nicht gewöhnen kann. Bei ihren eigenen Untersuchungen mit 108 dB (A) Breitbandrauschen jede Minute 9 sec lang fanden sie nach 23 Minuten eine völlige Adaptation der gemessenen autonomen

Reaktionen. Außerdem fanden sie keinen Unterschied im Adaptationsverlauf, ob der Lärm voraussagbar war oder nicht.

Eine gegensätzliche Position bezieht JANSEN (1971), der zwar eine psychische Gewöhnung an Lärm bejaht, aber von der Konstanz vegetativer Schallreaktionen spricht, ja bei einer Betrachtung längerer Zeiträume (etwa ab 2 Wochen) sogar über verstärkte Reaktionen berichtet.

Andere Arbeiten vertreten mehr differenzierte Standpunkte. Zum Beispiel schrieb SOKOLOV schon 1963, daß die Adaptation bei den verschiedenen physiologischen Funktionen unterschiedlich ausgeprägt sein kann und daß sehr intensive Geräusche in bestimmten physiologischen Funktionen nicht adaptieren. Er hat schließlich unterschieden zwischen einem Orientierungssystem und einem Defensivsystem. Das Orientierungssystem wird angesprochen durch geringe Stimulus-Intensitäten (bis etwa 80 dB) und führt zu einer Hinwendung zum Reiz, zu Schwellenerniedrigung für einkommende Information und zu einer Verbesserung der Leistungsfähigkeit. Eine solche Reaktion kann adaptieren. Das Defensivsystem dagegen tritt bei Reizen hoher Intensitäten in Kraft (etwa ab 90 dB), es führt zu Schreckreaktionen, einem anfänglichen Erstarren des Organismus, begleitet von Schwellenerhöhung für die Informationsaufnahme, Verschlechterung der Leistungsfähigkeit und Flucht-Tendenzen. Eine Defensivreaktion kann an sich nicht adaptieren, es besteht aber die Möglichkeit, daß eine Defensivreaktion in eine Orientierungsreaktion umgewandelt wird.

Auch BROADBENT (1971) sieht zwei verschiedene Reaktionsmöglichkeiten auf Lärmreize. Nach seiner Theorie verläuft

die Informationsaufnahme über eine Anzahl von "Kanälen". Nur jeweils ein einziger Kanal ist zum Verarbeitungszentrum voll "durchgeschaltet". Die anderen Kanäle sind zum Teil gedämpft, zum Teil völlig blockiert. Ein Teil der einkommenden Information wird auf nicht-durchgeschalteten Kanälen erst zwischengespeichert und später verarbeitet. Bestimmte Eigenschaften der einkommenden Information können nun den Kanalschalter, der festlegt, welcher Kanal gerade verarbeitet wird, umspringen lassen auf diese Informationsquelle. Diese besonderen Eigenschaften können z. B. plötzlicher Lautstärkewechsel, Neuheit oder erlernte Signalinformation sein. Aufgrund dieser Theorie lassen sich wieder zwei gegensätzliche Reaktionen auf Lärm postulieren:

1. Der Schalter springt mit der Zeit nicht mehr so häufig auf den Lärmkanal um, oder er bleibt nur kürzere Zeit dort, das würde eine Adaptation bedeuten.
2. Durch zunehmende Belegung mit negativen Emotionen bekommt das Geräusch Signal-Charakter und der Schalter wird häufiger und länger auf den Lärmkanal geschaltet. Das hätte zur Folge, daß andere Informationen in stärkerem Maße gedämpft oder blockiert werden.

## 1.3. Lärmreaktionen ausgewählter Parameter

### 1.3.1. Kreislauf

#### 1.3.1.1. Herzfrequenz

Es gehört wahrscheinlich zur Alltagserfahrung jedes Menschen, daß Ereignisse verschiedenster Art Einfluß auf die Herztätigkeit nehmen, und zwar unter anderem sowohl im Sinne einer Zunahme als auch einer Abnahme der Frequenz. Beide dieser Reaktionen treten auch auf Lärmreize hin ein. SAYERS (1975) faßt drei Mechanismen zusammen, welche die mittlere Herzfrequenz beeinflussen können:

1. Einstellung des vagalen Tonus
2. Einstellung des sympathischen Tonus
3. Größe der Zeitverzögerung im Hirnstamm, die zwischen den Eingangssignalen von den Barorezeptoren der großen Arterien und den Ausgangssignalen zum Sinusknoten auftritt.

Diese drei Möglichkeiten arbeiten manchmal synergistisch, manchmal nicht. Dies führt einerseits dazu, daß Änderungen in der Herzfrequenz sowohl in Richtung Zunahme als auch in Richtung Abnahme möglich sind, andererseits kann aber auch bei gleichzeitiger Einflußnahme auf gegensinnige Mechanismen gar keine Reaktion auftreten.

LACEY et al. (1963) entwickelten eine Theorie, nach der es durch Reize, die Aufmerksamkeit hervorrufen, zu einer Herzfrequenzabnahme kommt, während Reize, die Ablehnung hervorrufen, eine Zunahme der Frequenz verursachen.

Die erste Untersuchung über Lärmreaktionen des Kreislaufs stammt von CORBEILLE und BALDES (1929). Sie beobachteten an intakten Warmblütern Änderungen des Blutdrucks und der Herzfrequenz. Aus der Tatsache, daß analoge Untersuchungen an decerebrierten Tieren die gleichen Ergebnisse lieferten, zogen sie den Schluß, daß Lärmreaktionen über direkte Verbindungen von der Hörbahn zu den vegetativen Zentren im Zwischenhirn gesteuert werden.

LEHMANN und TAMM (1956) und LEHMANN und MEYER-DELIUS (1958) beschallten Versuchspersonen kontinuierlich mit Rauschen unterschiedlicher Frequenzen und Intensität (60 - 90 dB) über eine Stunde bzw. über 20 Minuten. Sie stellten dabei keine Änderung der Herzfrequenz fest, und es bestand also auch kein Unterschied zwischen den unterschiedlichen Frequenzbereichen, obwohl in den subjektiven Angaben der Ver-

suchspersonen die höheren Frequenzen als wesentlich unangenehmer bezeichnet wurden.

Untersuchungen mit kurzen Lärmreizen (0,66 sec bzw. 1 sec/min, 75 dB) machten CANTRELL (1974) und JOHNSON et al. (1975) sowohl während des Tages als auch während des Nachtschlafs. Beide fanden während des Tages ebenfalls keine Reaktion der Herzfrequenz, wohl aber während des Schlafes eine Zunahme der Frequenz. JOHNSON et al. stellten je nach Schlafstadium auch noch eine teilweise Habituation fest.

In einer Untersuchung von BARTHOSHUK (1962) wurden 1 - 4 Tage alte Neugeborene mit kurzen click-Reizen von 85 dB beschallt und das EKG abgeleitet. Er fand dabei eine deutliche Zunahme der Herzfrequenz, die im Verlauf von 40 Versuchen nachließ, ohne völlig zu verschwinden.

Nicht mit einem neutralen Rauschen oder click-Reiz, sondern mit dem inhaltsschweren Geräusch eines Zahnarztbohrers (90 - 95 dB) untersuchten GANG et al. (1975) Versuchspersonen mit unterschiedlicher Vertrautheit und Vorerfahrung mit diesem Geräusch. Sie fanden ebenfalls durchweg eine Herzfrequenzzunahme, aber deutlich schwächer ausgeprägt bei den Versuchspersonen mit weniger Angst.

Eine je nach Schallstärke des Reizes unterschiedliche Reaktion der Herzfrequenz fanden THACKRAY et al. (1975). Als Reize nahmen sie Geräusche von der Struktur eines die Schallmauer durchbrechenden Flugzeugs mit einer Lautstärke von 71 bzw. 81 dB. Bei 71 dB zeigten alle VP eine Abnahme der Frequenz, bei 81 dB dagegen eine Zunahme. Der Belästigungsgrad wurde beide Male etwa gleich eingeschätzt. Bei zwölf Reizen innerhalb von 40 Minuten zeigte sich ein Nachlassen der Reaktion.

Ebenfalls eine Abnahme der Herzfrequenzreaktion beschrieben EIFF et al. (1974). Vom Alltags-Fluglärm betroffene Personen wurden im Labor mit weißem Rauschen von 85 und 100 dB Intensität beschallt. Die Abnahme der Herzfrequenz betrug ca. 2 Schläge/min. Es zeigte sich außerdem, daß dieser Personenkreis keine Möglichkeiten zur adaptiven Bewältigung von Lärm entwickelt hatte, auch nicht im Hinblick auf andere Parameter.

Weitere Untersuchungen fanden nicht einfach nur Zu- oder Abnahmen der Herzfrequenz, sondern bi- und triphasische Reaktionen. KEEFE und JOHNSON (1970) erhielten auf kurze 1000 Hz-Reize von ca. 70 dB eine triphasische Reaktion, bei der eine geringe Frequenzabnahme gefolgt war von einer starken Zunahme und nochmals einer Abnahme. Bei vierzehnmaliger Wiederholung des Reizes fanden sie eine Abnahme der Reaktion vom 1. zum 2. Reiz, nicht aber zwischen dem 2. und allen folgenden Reizen.

GRAHAM et al. (1973) erhielten ebenfalls auf einen 1000 Hz-Ton von 85 dB die gleiche triphasische Reaktion, während ein weißes Rauschen von gleicher Dauer und Intensität nur eine biphasische Reaktion hervorrief (Frequenzzunahme gefolgt von -abnahme). Adaptation bei zehnmaliger Wiederholung des Reizes.

Dem widersprachen schließlich GERBER et al. (1977), die auf ein Schmalbandrauschen um 1000 Hz erneut eine rein monophasische Reaktion fanden, und zwar eine Frequenzzunahme, die allmählich wieder auf ihren Ausgangswert zurückging. Außerdem wurde von ihnen noch ein Alles-oder-Nichts-Gesetz für die Reaktion der Herzfrequenz aufgestellt, denn auf unterschiedliche Signal-Intensitäten (20, 40, 60, 80 dB) fanden sie gleiche Reizantworten.

1.3.1.2. Hautdurchblutung

Der Tonus der Hautgefäße wird weitgehend nervös reguliert; Sympathikusaktivierung führt zu Gefäßverengung, Abnahme der Sympathikusaktivität zu Gefäßerweiterung. Die Regulationszentren liegen in der Medulla oblongata und im Diencephalon, aber auch Regionen im cerebralen Cortex, deren Erregung Änderungen im äußeren Benehmen hervorrufen, beeinflussen den peripheren Gefäßwiderstand in der einen oder anderen Weise, so daß die Möglichkeit für kombinierte Muster von somatischen und autonomen Reaktionsmechanismen besteht (RUSHMER, 1970).

Die Ruhedurchblutung der Haut wird charakterisiert durch deutliche Grundschwankungen. Sie treten vorwiegend mit einer Periodendauer um 1 Minute auf. Die Häufigkeitsverteilung ergibt aber keine Normalverteilung, sondern zeigt oft Nebengipfel, die bevorzugt im Bereich des 0,5 und 1,5-fachen des Hauptgipfels liegen (GOLENHOFEN, HILDEBRANDT, 1958).

Änderungen der Hautdurchblutung auf bestimmte Reize hin sind abhängig von der Art des Reizes, vom Individuum und vom Grad der Durchblutung zu Beginn des Reizes (ACKNER, 1956). Meßort ist meistens die Hand. Die zur Verwendung kommenden Meßmethoden sind unterschiedlich, es überwiegen Plethysmographie, Fluvographie, Messung des peripheren Gefäßwiderstandes oder der Fingerpulsamplitude.

Durchblutungsänderungen auf Lärmreize sind von verschiedenen Autoren beschrieben worden, zuerst von ROTHLIN und BLUNTSCHLI (1944), die über vegetativ gesteuerte Vasokonstriktionen der Hand berichteten.

LEHMANN und TAMM (1956) fanden bei einstündiger kontinuierlicher Beschallung von VP ebenfalls eine Verminderung der Hautdurchblutung und konnten dabei zwei Reaktionsformen unterscheiden: Bei einem Teil der VP traten die Änderungen relativ rasch ein und blieben über die ganze Lärmperiode hindurch mit mehr oder weniger starken Schwankungen bestehen. Bei dem anderen Teil der Gruppe kam es dagegen erst mit zunehmender Dauer der Schalleinwirkung zu einer deutlichen Abweichung der Durchblutung. Nie kam es nur beim Einsetzen des Lärms zu einer kurzfristigen Beeinflussung im Sinne einer rasch vorübergehenden Schreckreaktion. Die Beeinflussung war bei Lautstärken von 80 und 90 phon deutlich stärker als bei 60 und 70 phon.

Diese Untersuchungen wurden von LEHMANN und MEYER-DELIUS (1958) bestätigt. Daneben untersuchten sie den Einfluß einer unterschiedlichen Frequenzzusammensetzung des Reizes, konnten aber keine Frequenzabhängigkeit der Reaktionsgröße oder -form feststellen. Weiterhin stammen von LEHMANN und MEYER-DELIUS Untersuchungen mit kurzen Lärmreizen (10 - 120 sec), dabei fanden sie, daß die Dauer der Durchblutungsabnahme bis zum Zehnfachen der Lärmdauer und länger anhielt. Das Maximum der Reaktion lag kurz nach Ende der Lärmeinwirkung.

Ebenfalls kurze Lärmreize verwendeten OPPLIGER und GRANDJEAN (1959) in Schallstärken zwischen 65 und 105 dB. Die Häufigkeit der vasomotorischen Reaktion stieg mit der Lärmintensität an, sie fanden aber keine Schwelle, oberhalb welcher die Durchblutungsabnahme in allen Fällen registriert werden konnte. 8 % der VP zeigten nie eine Reaktion.

Umfangreiche Untersuchungen der Durchblutungsreaktion auf Lärmreize hin stammen von JANSEN (1961 - 1974). Er stellte eine Schwelle für vegetative Lärmreaktionen bei 70 dB fest und eine schwächere Reaktion auf Sinustöne gegenüber Breitbandrauschen gleicher Intensität. Eine Pausenlänge vom 6-fachen der Schalldauer hielt er für ausreichend zur Erholung. In seinen Arbeiten wurde auch zum ersten Mal darauf hingewiesen, daß nicht jeder Mensch auf Lärmreize mit einer Verminderung der Durchblutung reagiert, sondern daß etwa ein Drittel der von ihm untersuchten Personen auch Durchblutungszunahmen zeigten. Seine Arbeit von 1974 stand unter dem Konzept, bei Lärmreaktionen nach der Theorie von SOKOLOV (1963) entweder eine Orientierungsreaktion oder eine Defensivreaktion zu unterscheiden. Bei einer Defensivreaktion sollen sowohl am Kopf wie auch an der Hand Vasokonstriktionen eintreten, während bei einer Orientierungsreaktion der Vasokonstriktion an der Hand eine Vasodilatation am Kopf gegenübersteht. Untersucht wurden vom Fluglärm betroffene Personen, die im Labor mit weißem Rauschen von 85 und 100 dB Intensität beschallt wurden. Dabei wurden immer Defensivreaktionen festgestellt, so daß von einer defensiven Blockierung im Gegensatz zu einer adaptiven Bewältigung gesprochen wurde.

Der Gesichtspunkt der Gewöhnung wurde auch in den Arbeiten der anderen bisher erwähnten Autoren angesprochen, immer aber wurde diese verneint.
Eine völlige Adaptation der vasomotorischen Reaktion dagegen fanden nur GLASS und SINGER (1972), und zwar innerhalb von 23 Minuten bei intermittierender Beschallung von 9 sec Dauer und 90 dB pro Minute.
Hinweise auf adaptive Vorgänge fanden sich auch bei WELLMEIER (1975), der außerdem auch von Vasodilatationen neben Vasokonstriktionen berichtete. Zur Erklärung dafür zog er

den Puls/Atem-Frequenzquotienten heran, da diejenigen VP, die mit Durchblutungszunahme reagierten, gerade einen P/A-Q um 4,25 hatten, während die P/A-Q-Werte der VP mit vasokonstriktorischen Reaktionen stark um diesen Wert streuten.

1.3.2. Atmung

Die Steuerung der Atmung nimmt insofern eine Mittelstellung zwischen vegetativen und somatischen Funktionen ein, als sie im allgemeinen unbewußt und auch im Schlaf automatisch abläuft, andererseits jederzeit willkürlich in fördernder und hemmender Richtung beeinflußt werden kann. Auch emotionale Verhaltensweisen können Auswirkungen haben. Geringe Grade der Hyperventilation können z. B. im Zustand psychischer Erregung über längere Zeit aufrechterhalten werden. Umgekehrt kann die Atmung gehemmt werden, z. B. während angestrengter Aufmerksamkeit oder erwartungsvoller Spannung (KOEPCHEN, 1972).

Bei Lärmuntersuchungen ist die Atmung weniger häufig gemessen worden.
Eine ausführliche Untersuchung stammt von HEINECKER (1959). Er beschallte 100 VP 20 Minuten lang mit einem Rauschen von 90 dB und fand geringe Schwankungen der Frequenz in beide Richtungen. Nur VP mit erheblichen Mißempfindungen zeigten starke Änderungen. Bei einer Aufteilung der Untersuchten nach ihrer vegetativen Ausgangslage in eine ergotrope und eine trophotrope Versuchspersonengruppe zeigten sich keine Unterschiede.

DAVIS (1955) untersuchte den Verlauf der Atemtiefe auf Lärm hin und fand bei Reizen zwischen 70 und 90 dB eine Verkleinerung der Amplitude, dagegen bei Reizung mit 120 dB eher eine Vergrößerung.

Neuere Untersuchungen von v. EIFF (1974) und WELLMEIER (1975) ergaben keine eindeutigen Veränderungen der Atemfrequenz bei Beschallung.

1.3.3. EEG

Der Einfluß von Lärm auf das Zentralnervensystem ist schwierig zu fassen und wird erst seit ca. 25 Jahren untersucht. Bei Versuchen am Menschen ist man fast ausschließlich auf die Auswertung des EEG's angewiesen. Weitergehende Möglichkeiten bietet der Tierversuch. Interessante Arbeiten dieser Art kamen in den letzten Jahren häufig aus der Sowjetunion.

STRACHOV et al. (1970) untersuchten das Gehirn von Ratten, die 1, 3, 7, 15 oder 28 Tage ununterbrochen mit weißem Rauschen hoher Intensität beschallt worden waren. Es zeigte sich dabei, daß bei einer Lärmeinwirkung von 1 - 7 Tagen Dauer ausgeprägte morphologische Veränderungen in der Großhirnrinde auftraten, daß aber bei 15 - 28 Tagen die Veränderungen in der Großhirnrinde wieder geringer waren, dagegen im Stammhirn eine deutliche Progression zeigten. Sie schlossen daraus, daß nach einer bestimmten Zeit der Lärmexposition die Impulse zu den höheren Hirnschichten blockiert werden, so daß hier regenerative Prozesse einsetzen können. Hingegen ist das Stammhirn, in dem sich auch die vegetativen Zentren befinden, bei langer intensiver Belärmung einer fortschreitenden Schädigung ausgesetzt.

ANDREEVA-GALANINA et al. (1970) beschallten Kaninchen mit chronisch eingepflanzten zerebralen Elektroden mit 115 dB Breitbandrauschen. Die Elektroden lagen sowohl an Hirnrindenstrukturen (Hörrinde, Sehrinde, sensomotorisches Gebiet) als auch in subcortikalen Strukturen (Thalamus, For-

matio reticularis, Brücke). Registriert wurde vor und während der Belärmung. Es zeigten sich dabei abwechselnd folgende Stadien: a) ein aktives Stadium, dem Übergewicht der Erregungsprozesse im ZNS entsprechend, charakterisiert durch schnelle Aktivität mit niedriger Amplitude und b) ein passives Stadium, in dem die Hemmprozesse überwiegen, charakterisiert durch langwellige synchronisierte Aktivität mit ebenfalls niedriger Amplitude. Aus dieser Verschiebung wurde auf eine Störung der Redoxprozesse im ZNS und damit auf eine Störung der Gewebeatmung geschlossen. Um diesem Punkt weiter nachzugehen, wurden Ratten 10 und 30 Minuten sowie 1 und 3 Std. mit 150 dB beschallt, danach dekapitiert, und es wurden verschiedene Hirnstrukturen untersucht. Dabei zeigte sich, daß der Sauerstoffbedarf direkt von der Dauer des einwirkenden Lärms abhing, wobei im Bereich der Hörrinde diese Änderungen am frühesten auftraten und am spätesten in den subcortikalen Strukturen. Wiederum ließen sich außerdem zwei Phasen herauskristallisieren a) eine Aktivierung, bei der die Intensität der Gewebeatmung zunahm und b) eine Abnahme des Sauerstoffbedarfs, der auf eine zurückgehende Aktivität schließen ließ.

Beim Menschen gibt es eine Reihe von Arbeiten, die den Einfluß von click-Reizen auf das EEG untersuchen. Bereits LOOMIS et al. (1938) fanden bei wachen VP auf einen kurzen Tonreiz hin ein Verschwinden des alpha-Rhythmus, während bei Reizung im leichten Schlaf vermehrt alpha auftrat. PERL et al. (1953) registrierten ebenso ein Verschwinden der dominanten Frequenz auf click-Reize hin, und zwar trat die Reaktion umso sicherer ein, je stärker die Reizintensität war.

DIEROFF et al. (1973) untersuchten die Reaktion des EEG's von Normalhörenden und Lärmschwerhörigen auf akustische Reize. Bei den Normalhörenden zeigte sich dabei eine Blockade der Alpha-Aktivität, während bei den Lärmhörgeschädigten ein paradoxer Effekt beobachtet wurde.

TOWNSEND et al. (1976) belärmten VP 30 Tage lang ununterbrochen alle 22 sec für 0,66 sec. Registriert wurde nur das Nachtschlaf-EEG, und dabei konnte praktisch keine Habituation des evozierten Potentials festgestellt werden.

BERGAMINI et al. (1976) befaßten sich mit den Auswirkungen von Straßenlärm auf das ZNS sowohl am Tag als auch während der Nacht. Das bemerkenswerteste Ergebnis im Wachzustand der VP war, daß die Amplitude eines akustisch evozierten Potentials unter Straßenlärm in allen Fällen verringert war, während das visuell evozierte Potential unverändert blieb. Sie schlossen daraus auf eine Blockierung der Verarbeitung akustischer Signale unter einem erhöhten Geräuschpegel. Der Prozentsatz der Desynchronisation und das Bereitschaftspotential (CNV) ergaben nur unbedeutende Veränderungen zwischen Ruhe und Lärm. Bei Belärmung während des Schlafs zeigte es sich, daß die Wachphasen, und zwar sowohl die vor dem Einschlafen als auch die beim mehrfachen Erwachen während der Nacht, prozentual länger dauerten als normal und die Gesamtschlafzeit dadurch verringert war. Außerdem waren die Tiefschlafphasen stark verkürzt.

## 1.4. Problemstellung

Aus der Literaturübersicht geht hervor, daß auf der einen Seite die Befunde über die Art der Reaktionen auf Lärm uneinheitlich sind, und daß auf der anderen Seite die Frage der Gewöhnung umstritten ist.
In der vorliegenden Arbeit wurden die subjektive Einschätzung des Lärms sowie die Reaktionen von vegetativen Größen (Herzfrequenz, Hautdurchblutung, Atemfrequenz) und von neurophysiologischen Größen (EEG) auf intermittierende Beschallung gemessen. Von besonderem Interesse war dabei, ob bei täglicher Wiederholung der Belärmung über 10 und 21 Tage eine Gewöhnung an den Lärm zu erfassen sein würde.

Jede der gemessenen Größen wurde nach drei Kriterien untersucht:

a) Art der Reaktionen auf Lärmreize
b) Verhalten der Reaktionen innerhalb eines Versuchstages (Kurzzeitadaptation)
c) Verhalten der Reaktionen innerhalb der gesamten Versuchsreihe über 10 und 21 Tage (Langzeitadaptation).

## 2. Methodik

### 2.1. Auswahl der Versuchspersonen

Um ein möglichst einheitliches Kollektiv zu bilden, wurden an die Versuchspersonen folgende Bedingungen gestellt:

1. Student
2. normalhörend
3. keine Prüfungen oder andere außergewöhnliche Belastungen im Versuchszeitraum oder kurz danach
4. vegetative Labilität im Bereich der Norm, ermittelt anhand des "Vela"-Fragebogens (FAHRENBERG, 1965; siehe Anhang).

Es stellten sich gegen Bezahlung acht männliche und sechs weibliche Personen im Alter von 20 - 29 Jahren zur Verfügung. Acht von ihnen wurden an 10 und fünf an 21 aufeinanderfolgenden Tagen untersucht, ohne Unterbrechung an den Wochenenden und immer zur gleichen Tageszeit. Eine VP brach die Versuche nach dem 6. Tag wegen einer fiebrigen Erkältung ab. Soweit möglich, wurden vier und acht Wochen nach Beendigung der Serie Wiederholungsversuche durchgeführt.

### 2.2. Versuchsaufbau und -ablauf

Die Versuche fanden in einem schallabgeschirmten Raum statt, in dem bei laufenden Geräten und Ventilation ein etwa gleichbleibender Geräuschpegel von 48 dB (A) herrschte. Außer der Versuchsperson war nur noch der Versuchsleiter im Raum. Die VP waren zuvor über den Ablauf sowohl eines einzelnen Versuchs als auch der gesamten Versuchsreihe genau informiert worden. Sie hatten außerdem einen Vor-

versuch hinter sich, bei dem eine Stunde Ruhedaten registriert worden waren, so daß ihnen auch die Versuchssituation bekannt war.
Jeder Versuchstag begann mit dem Ausfüllen eines Fragebogens (siehe 2.3.1.), dem das Anlegen der Elektroden folgte. Danach nahmen die VP auf einer bequemen Liege Platz, wobei der Abstand des Kopfes zu den Lautsprechern etwa einen Meter betrug. Lautsprecher und Kopf bildeten ein gleichseitiges Dreieck.
Die VP wurden gebeten, ruhig zu liegen und die Augen geschlossen zu halten. Dann begann der Versuch mit der Registrierung einer halbstündigen Ruhepause. Darauf folgten im Zeitraum von einer Stunde zwölf Lärmreize, und zwar weißes Rauschen von 16 Sekunden Dauer und 100 dB (A), in regelmäßigen Abständen von fünf Minuten. Um Schreckreaktionen möglichst auszuschalten, war der Reiz über drei Sekunden einschleichend. Nach dem letzten Reiz erfolgte nochmals zehn Minuten Ruheregistrierung, danach war der Versuch beendet.
Dieser Ablauf blieb über die gesamte Versuchsserie hin der gleiche. Vor Beginn, am Ende und mehrmals während der Serie wurde die Hörfähigkeit der VP (Luft- und Knochenleitung) überprüft mit einem Atlas-Audiotest G der Firma Siemens.

## 2.3. Datenerfassung und -verarbeitung

Kontinuierlich über die gesamte Versuchsreihe wurden aufgezeichnet subjektive Größen, das zentrale EEG, die Hautdurchblutung, die Herzperiodendauer sowie die Atemtiefe und Frequenz. Zum Teil wurden die Daten auf Magnetband gespeichert, der Rest wurde auf Papier geschrieben.

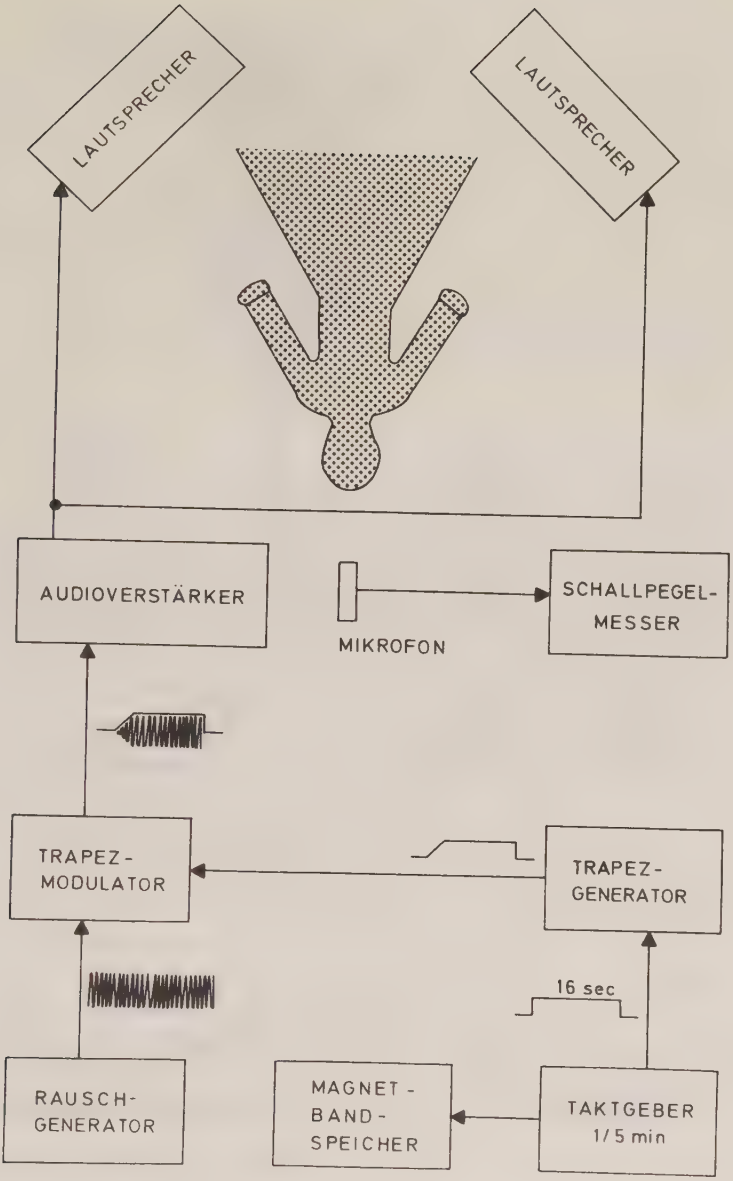


Abb. 1: Schema der Lärmfelderzeugung.

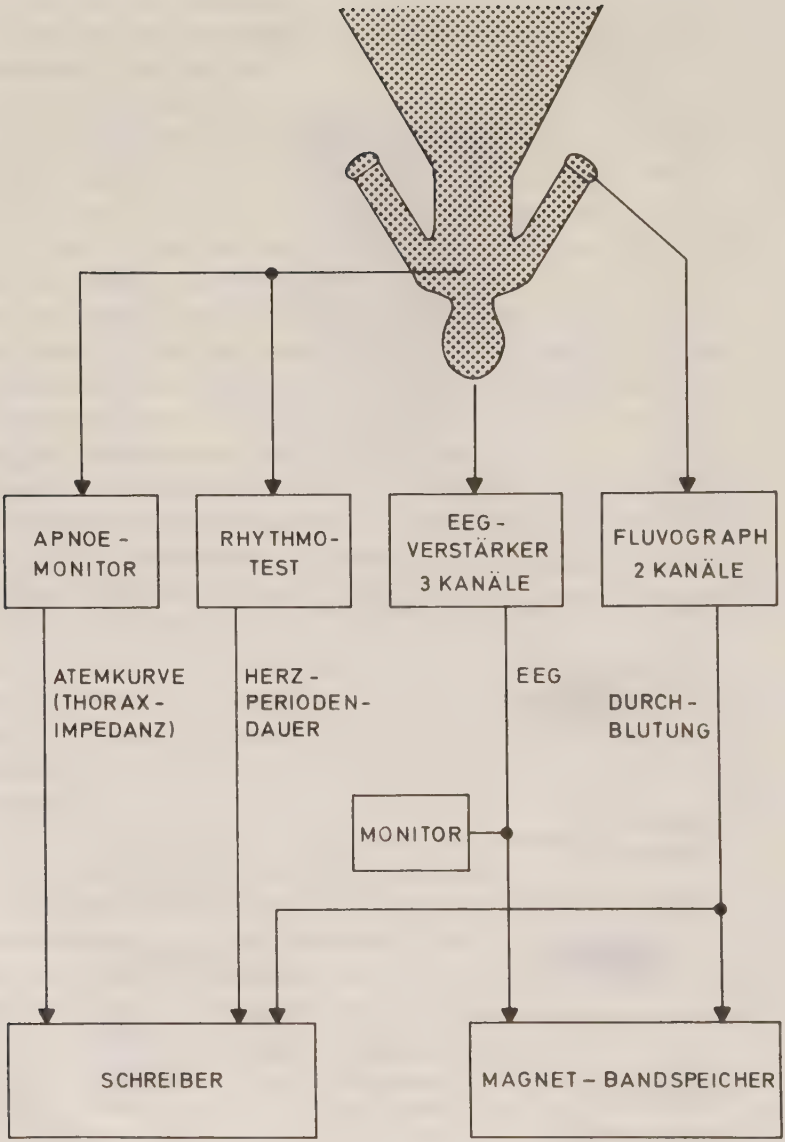


Abb. 2: Schema der Datenerfassung.

2.3.1. Subjektive Größen

Vor Beginn und am Ende jedes Versuches wurden subjektive Größen mittels eines Fragebogens erfaßt. Sie gaben Auskunft über die Schwankungen der vegetativen Labilität von Tag zu Tag (Wiederholungsform der Freiburger Beschwerdeliste, FAHRENBERG, 1974), über Genußmittel- und Medikamentenkonsum und über außergewöhnliche Vorkommnisse. Nach Versuchsende war darin noch einzutragen, wie laut und wie unangenehm die Geräusche an diesem Tag empfunden worden waren und wie die persönliche Einstellung zum jeweiligen Versuch war (siehe 7. Anhang).

2.3.2. Atemkurve

Die Atemkurve wurde mit dem Apnoemonitor der Firma Hellige erfaßt. Über zwei Brustwandelektroden, angebracht jeweils in der vorderen Axillarlinie in Höhe des Xiphoids, wurden auf rheographischem Weg die atemsynchronen Veränderungen des Durchgangswiderstandes des Thorax aufgenommen. Nach einer ersten Durchsicht der Daten zeigte es sich, daß die Atemtiefe keine systematischen Änderungen aufwies, daher wurde sie nicht weiter ausgewertet. Die Atemfrequenz wurde durch Auszählen der Atemzüge pro Minute bestimmt:

a) die Minute nach Reizbeginn (Reizwert),
b) eine Minute genau zwischen zwei Reizen (Ruhewert), um einen Wert zu erhalten, der möglichst wenig sowohl durch den Reiz selbst als auch durch die Reizerwartung beeinflußt war,
c) während der halbstündigen Ruhephase alle zweieinhalb Minuten je eine Minute (Grundwert) als Ausgangswerte für den jeweiligen Versuchstag.

Verglichen wurden sowohl Reizwerte und Ruhewerte als auch Reizwerte und Grundwerte (siehe Abb. 4).

2.3.3. Herzperiodendauer (HPD)

Die HPD, definiert als Zeit von R-Zacke zu R-Zacke des EKG, wurde mit Hilfe des Gerätes Rhythmotest 730 (LPM Gutman) aufgezeichnet. Die Ableitung erfolgte mit den üblichen EKG-Klebeelektroden, die Elektrodenlage wurde lediglich so verändert, daß über die gleichen Elektroden auch die Atembewegungen des Thorax (2.3.2.) registriert werden konnten.
Ausgewertet wurde zu den exakt gleichen Zeiten wie bei der Atemkurve, und zwar durch Bestimmen einer Mittellage für die jeweilige Minute aus den geschriebenen Kurven (siehe Abb.7). Zur besseren Vergleichbarkeit mit anderen Untersuchungen wurden diese Werte später in die Frequenz umgerechnet.

2.3.4. Puls-Atem-Frequenzquotient (PAQ)

Eine der Ursachen individueller Unterschiede vegetativer Reaktionen kann die vegetative Reaktionslage der VP sein. Ein guter Indikator dafür soll der PAQ sein (HILDEBRANDT und ISHAG, 1973). Personen mit einem PAQ bis 4,0 werden als vago- oder trophotrope Reaktionstypen bezeichnet, solche mit einem PAQ über 4,0 dagegen als sympathico- oder ergotrop. Von allen VP wurde der PAQ aus den Grundwerten der halbstündigen Ruhephase ermittelt, bei sieben VP wurde er noch zusätzlich über den gesamten Versuchszeitraum errechnet.

2.3.5. Hautdurchblutung

Die periphere Durchblutungsreaktion wurde mit einem 2 Kanal-Fluvographen (Hartmann & Braun) registriert. Es handelt sich dabei um eine thermische Durchblutungsmessung mit Wärmeleitelementen (GOLENHOFEN, HENSEL, HILDEBRANDT, 1963).

Als Meßkopf diente das von HENSEL und BRANDT neu entwickelte 6-Plattenelement (BRANDT, 1975; HENSEL und BRANDT, 1977). Eine Darstellung dieser Methode in Zusammenhang mit Lärmuntersuchungen findet sich bei WELLMEIER (1975). Gemessen wurde am rechten und linken Daumenballen, an einer genau markierten Stelle, die über den gesamten Versuchszeitraum hin immer die gleiche blieb. Ein Datenkanal wurde auf Magnetband gespeichert.

Bei der Auswertung wurden drei verschiedene Wege eingeschlagen:

a) planimetrische Bestimmung der Fläche der Durchblutungsreaktion eine Minute vor Reizbeginn (Ruhewert) sowie eine und zwei Minuten nach Reizbeginn (Reizwerte). Der Ruhewert wurde von den beiden Reizwerten abgezogen (siehe Abb. 12 + 16).
b) Mittelung aller Reaktionen der zwölf Reize eines Versuchstages übereinander, z. T. von Hand, z. T. mit Hilfe eines PDP 12 Rechners (siehe Abb. 13 + 14).
c) Bei 4 VP Berechnung je eines Kennwertes für Ruhe- und Reizsituation. Als Kennwert diente die Standardabweichung von einer Mittelwertskurve, die nach dem Prinzip der kleinsten Fehlerquadrate als Polynom 3. Grades durch die Durchblutungskurve gelegt worden war (siehe Abb. 15). Ausführung der Berechnungen im Zentralen Rechenlabor der Universität.

2.3.6. Elektroenzephalogramm (EEG)

Das EEG wurde über der dominanten Hemisphäre monopolar und bipolar abgeleitet. Die Elektrodenlage war nach dem internationalen 10-20-System $C_1$-A, $P_1$-A und $C_1$-$P_1$. Die Ableitung erfolgte mit Hilfe von Silber/Silberchloridelektroden, die auf der behaarten Kopfhaut mit Kollodium

fixiert wurden. Das EEG wurde auf Magnetband gespeichert und auf einem PDP-12-Rechner ausgewertet; dabei erwies sich die bipolare Ableitung als die geeignetste. Zwei Analyseverfahren wurden eingeschlagen:

a) in einem kontinuierlichen Rechenvorgang wurde alle 16 Sekunden ein Leistungsspektrum über eine schnelle Fourier-Transformation gebildet. So erhielt man einen - wenn auch groben - Vigilanzindikator (siehe Abb. 18),
b) weitere Quantifizierung über gezielte Errechnung von Leistungsspektren und zwar jeweils 16 Sekunden vor, während und nach dem Reiz mit Bildung von Reiz/Ruhe-Quotienten (siehe Abb. 19 + 20).

Auf eine Auswertung der evozierten Potentiale wurde verzichtet, da sie wegen des einschleichenden Reizes nur selten ausgelöst wurden.

## 2.4. Statistische Methoden

Wegen des relativ kleinen Versuchspersonenkollektivs und des großen Streubereichs der Ergebnisse waren statistische Verfahren häufig nicht sinnvoll anzuwenden, so daß dann auf Einzelfallanalyse zurückgegriffen wurde. Wo es die Voraussetzungen (unabhängige Zufallsstichproben mit genügend und nahezu gleich großem Stichprobenumfang, angenäherte Normalverteilung der Daten) erlaubten, wurde als parametrisches Verfahren der T-Test angewendet.

## 3. Ergebnisse

Für diese Arbeit wurden nur die Daten aus den abgeschlossenen Versuchsreihen ausgewertet. Die umfangreichen Vorversuche und die abgebrochene Versuchsreihe blieben unberücksichtigt. Wegen des großen Aufwandes, sowohl der Durchführung als auch der Auswertung einer Versuchsreihe, mußte das Versuchspersonenkollektiv relativ klein bleiben. Nach einer ersten Durchsicht der Ergebnisse wurde klar, daß die Frage einer Lärmadaptation nicht pauschal mit "ja" oder "nein" zu beantworten sein würde, sondern, daß jeder Parameter für sich betrachtet werden mußte. Da außerdem unterschiedliche Reaktionsrichtungen der einzelnen Größen die Zusammenfassung der VP zu einer Gruppe problematisch machten, muß sich die Darstellung der Ergebnisse z. T. auf Einzelbeispiele beschränken.

### 3.1. Beurteilung der Versuche durch die Versuchspersonen

Mit einer Ausnahme empfanden alle VP die Reize des letzten Versuchstages als weniger laut und unangenehm als diejenigen des ersten Tages. Die Abnahme in der Wertung war jedoch nach zehn Tagen noch relativ gering, deutlich wurde sie erst in der dritten Versuchswoche (siehe Abb. 3).
Die Wiederholungsversuche zeigten, daß nach vier Wochen in der Mehrzahl der Fälle noch die gleiche Einstufung auf der Rangskala aufrechterhalten wurde wie am letzten Versuchstag, nicht mehr dagegen nach acht Wochen.
Während der ersten Versuchstage änderte sich an der Bewertung von Lautheit und Unangenehmheit der Geräusche also nur wenig, trotzdem setzte aber der Prozeß einer subjektiven Gewöhnung ein, wie aus den schriftlichen Äußerungen der VP ersehen werden konnte:

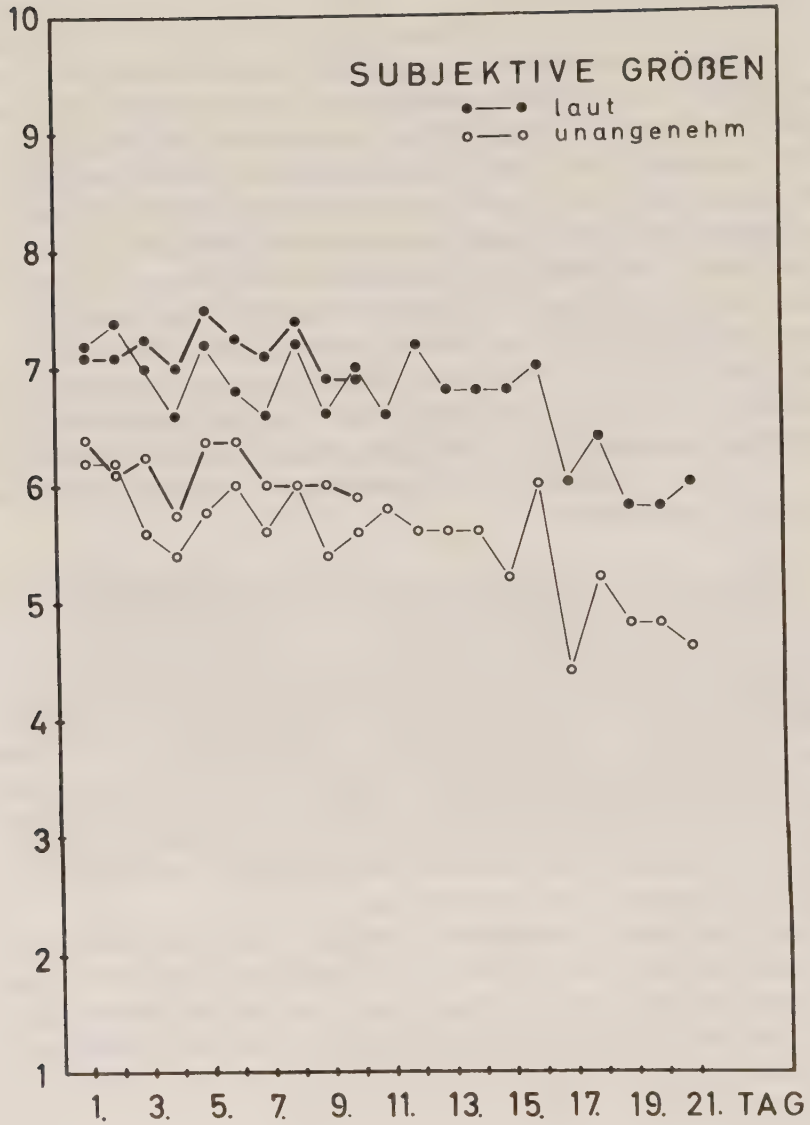


Abb. 3: Mittelwerte der Einschätzung von Lautheit und Unangenehmheit der Geräusche durch die VP. In den 10-Tage-Kurven sind auch die ersten zehn Tage der 21-Tage-Versuchsserien enthalten.

EB 2. Tag: "Im Versuchsabschnitt vor der Beschallung war ich ganz ruhig, habe gedöst. Die Geräusche haben mich weniger gestört als am Vortag".

EB 6. Tag: "Während der Beschallungsphase habe ich auch zwischen den einzelnen Reizen manchmal gedöst. Wenn ich nicht ganz wach war, habe ich die Geräusche als leiser empfunden".

HK 4. Tag: "Geräusche nach wie vor sehr laut empfunden und natürlich auch unangenehm, aber dennoch stört es einen nicht mehr so sehr wie anfangs".

HK 6. Tag: "Subjektiv bin ich bemüht, das Rauschen - insofern das möglich ist - zu ignorieren. Eine gewisse Gleichgültigkeit dem Geräusch gegenüber hat sich eingestellt".

MS 3. Tag: "Im Vergleich mit den ersten beiden Versuchstagen wirkte der heutige Versuch sehr langweilig und eintönig auf mich".

MS 7. Tag: "Nach jeder Lärmphase gelang es mir heute relativ schnell einzudösen.

Diese Empfindungen der VP den Versuchen gegenüber blieben nach der Änderung in der ersten Versuchswoche für den Rest der Versuchstage nahezu konstant, auch die geringere Wertung von Lautheit und Unangenehmheit des Lärms hatte darauf keinen Einfluß mehr. Das Phänomen einer subjektiv empfundenen Gewöhnung an Lärm wird also durch eine Frage nach seiner Lautheit und Unangenehmheit nicht ausreichend erfaßt.

### 3.2. Atemfrequenz

Bei der Atemfrequenz konnte bei der gleichen VP auf einen einzelnen Reiz sowohl eine Zunahme als auch eine Abnahme der Frequenz eintreten, die Reaktion konnte aber auch ausbleiben.

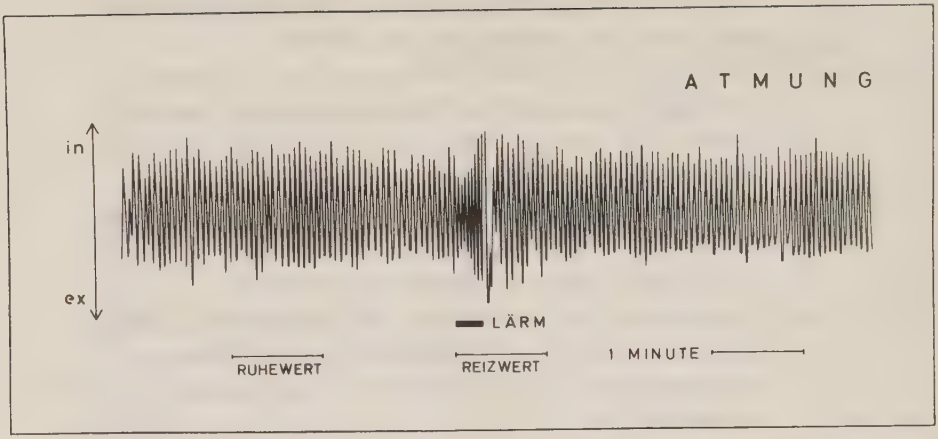


Abb. 4: Originalregistrierung der Atmung mit Frequenzzunahme während des Lärms (A.P., 1. Tag, 1. Reiz). Die Balken geben die Auswertungszeiträume an (siehe 2.3.2.).

Bei VP mit ausgeprägter Atemfrequenz-Abnahme betrug diese im Mittel etwa 2,0 Atemzüge/Minute, ausgeprägte Atemfrequenz-Zunahmen lagen im Bereich von 1,8 Atemzügen/Minute, insgesamt aber waren Frequenzzu- und -abnahmen scheinbar zufällig verteilt. Bei einem Vergleich der Reaktionen von allen ersten Reizen mit allen letzten Reizen bzw. von allen ersten Versuchstagen mit allen letzten Versuchstagen zeigte sich daher auch kein signifikanter Unterschied in den Häufigkeitsverteilungen der Reaktionen (siehe Abb. 5). Ebenso hoben sich bei der Bildung von Reiz/Ruhe-Quotienten und Mittelung über alle Versuchstage und alle VP Zunahmen und Abnahmen gerade auf, und es zeigte sich nahezu eine Gerade bei eins.
Es waren also weder innerhalb eines Versuchstages noch bei der gesamten Versuchsserie über 10 und 21 Tage Adaptationstendenzen auszumachen.

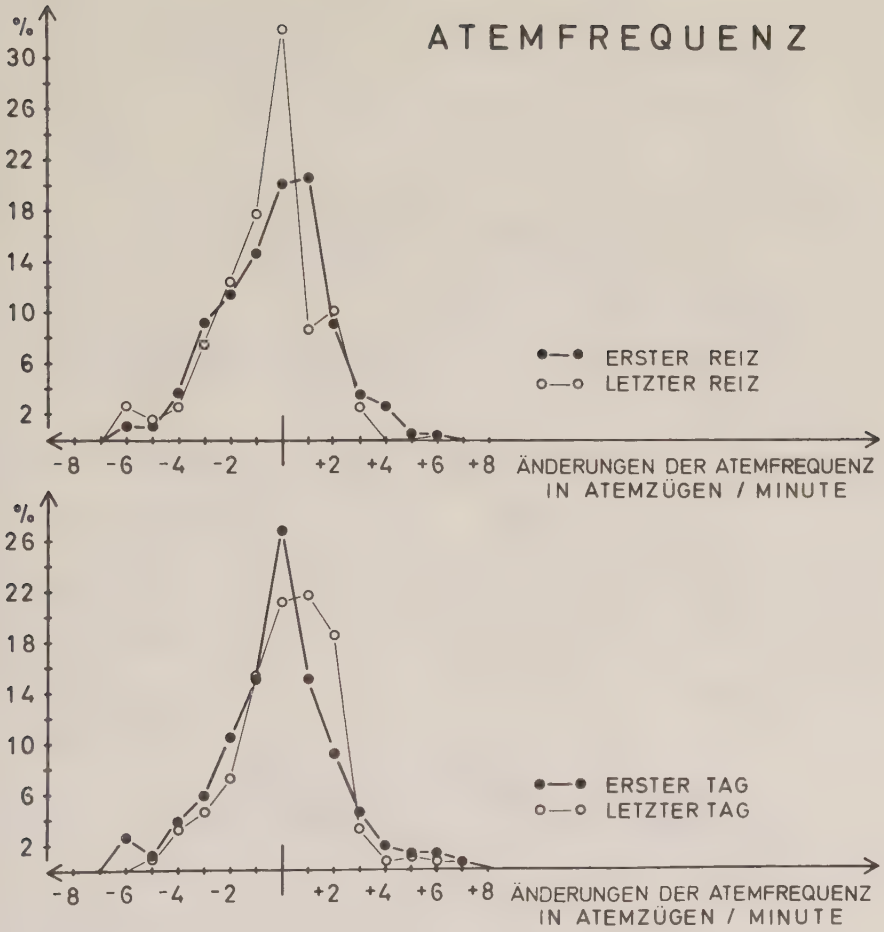


Abb. 5: Oberer Teil: Verteilung der Atemfrequenzreaktionen auf ersten und letzten Reiz bei allen Versuchstagen und Versuchspersonen (n = 185).
Unterer Teil: Verteilung der Atemfrequenzreaktionen auf die 12 Reize des ersten Tages und des letzten Tages, zusammengefaßt für alle VP (n = 156).

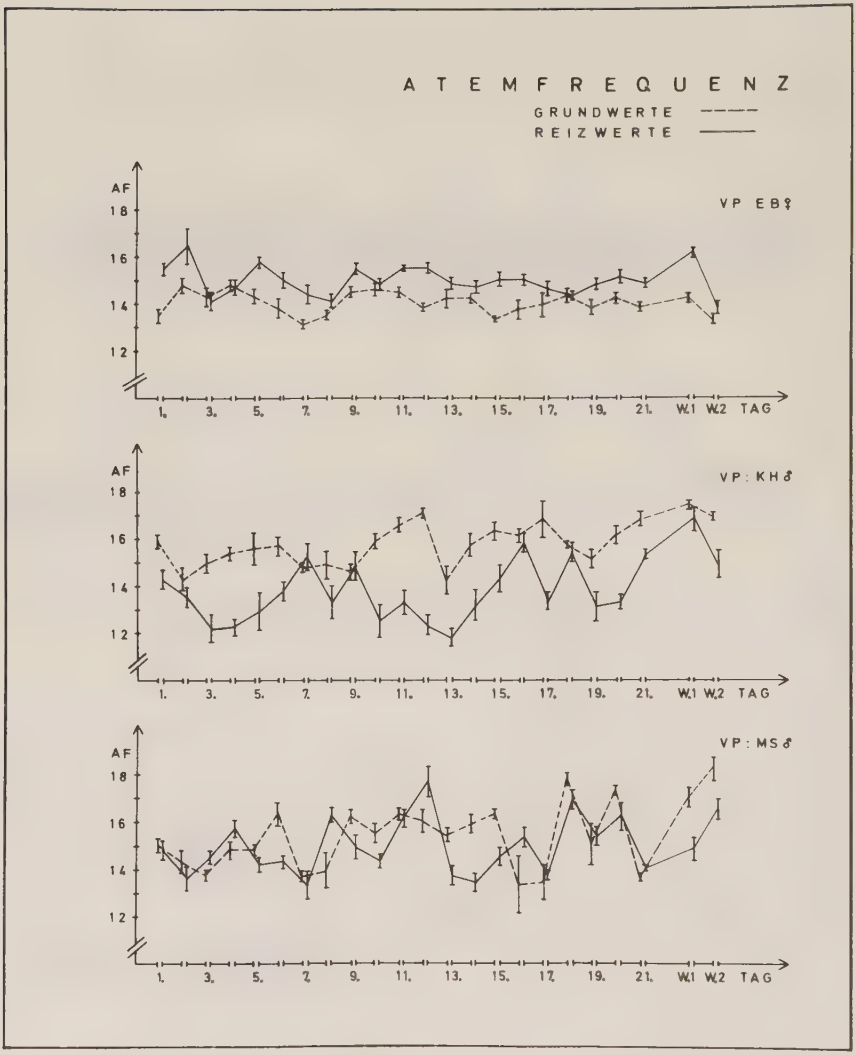


Abb. 6: Mittlere Atemfrequenz während der 12 Reize eines Versuches (Reizwerte) im Vergleich zu den während der Ruhephase ermittelten Grundwerten über 21 Tage und Wiederholungsversuche bei drei verschiedenen VP. Die Balken geben den mittleren Fehler des Mittelwertes an.
Oben: vorwiegend Frequenzzunahme
Mitte: vorwiegend Frequenzabnahme
Unten: gemischte Reaktion.

Verglich man die Reizwerte nicht mit den direkt davor liegenden Ruhewerten, sondern mit den Grundwerten, die aus der halbstündigen Ruhepause gewonnen wurden, so ließen sich doch zumindest je nach Art der Reaktionen die VP in drei Gruppen einteilen: drei VP gehörten zu einem Mischtyp, bei dem Grundwerte und Reizwerte dauernd umeinanderschwankten, sieben VP reagierten auf den Reiz hin vorwiegend mit einer Abnahme der Atemfrequenz, und bei drei VP trat vorwiegend eine Frequenzzunahme ein (siehe Abb. 6). Da diese Unterschiede nur beim Vergleich mit den Grundwerten deutlich wurden, konnte für alle nicht zum Mischtyp gehörenden VP der Schluß gezogen werden, daß für sie gar nicht so sehr der einzelne Reiz entscheidend war, sondern vielmehr die Tatsache, daß sie sich in einer Reizsituation befanden. Eine Gewöhnung zeigte sich auch hierbei nicht.

### 3.3. Herzfrequenz

Bei der Herzfrequenz kamen auf den Lärm hin ebenfalls Zunahmen der Frequenz, Abnahmen und gar keine Reaktionen vor, es überwogen jedoch die Frequenzzunahmen (siehe Abb. 7). Sie lagen im Mittel bei 4,1 Schlägen/Minute, während ausgeprägtere Herzfrequenzabnahmen im Mittel bei 2,8 Schlägen/Minute lagen.

Anders als bei der Atemfrequenz zeigten die Häufigkeitsverteilungen der Herzfrequenzreaktionen von allen ersten und allen letzten Reizen einen signifikanten Unterschied ($p = 0{,}01$) in dem Sinne, daß auf den ersten Reiz die Frequenzzunahmen deutlich stärker ausgeprägt waren (siehe Abb. 8, oberer Teil). Die gleiche Tatsache drückte sich auch im Verlauf des Reiz/Ruhe-Quotienten aus: Zweiter bis zwölfter Reiz ließen sich praktisch nicht unterscheiden, aber der erste Reiz wies eine deutliche Frequenzzunahme auf (siehe Abb. 9).

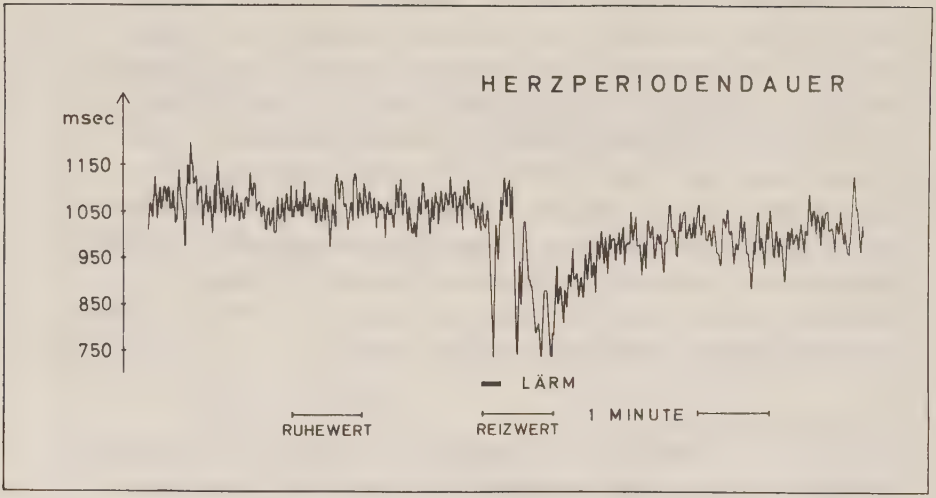


Abb. 7: Originalregistrierung der HPD mit Abnahme der Periodendauer (= Zunahme der Frequenz) während des Lärms (K.H., 3. Tag, 1. Reiz). Die Balken geben die Auswertungszeiträume an (siehe 2.3.3.).

Es kann also bei der Herzfrequenz von einer Kurzzeitadaptation innerhalb eines Versuchstages gesprochen werden. Eine Langzeitgewöhnung innerhalb der gesamten Versuchsreihe konnte dagegen auch hier nicht festgestellt werden, die Häufigkeitsverteilungen der Reaktionen von erstem und letztem Versuchstag zeigten keinen signifikanten Unterschied (siehe Abb. 8,

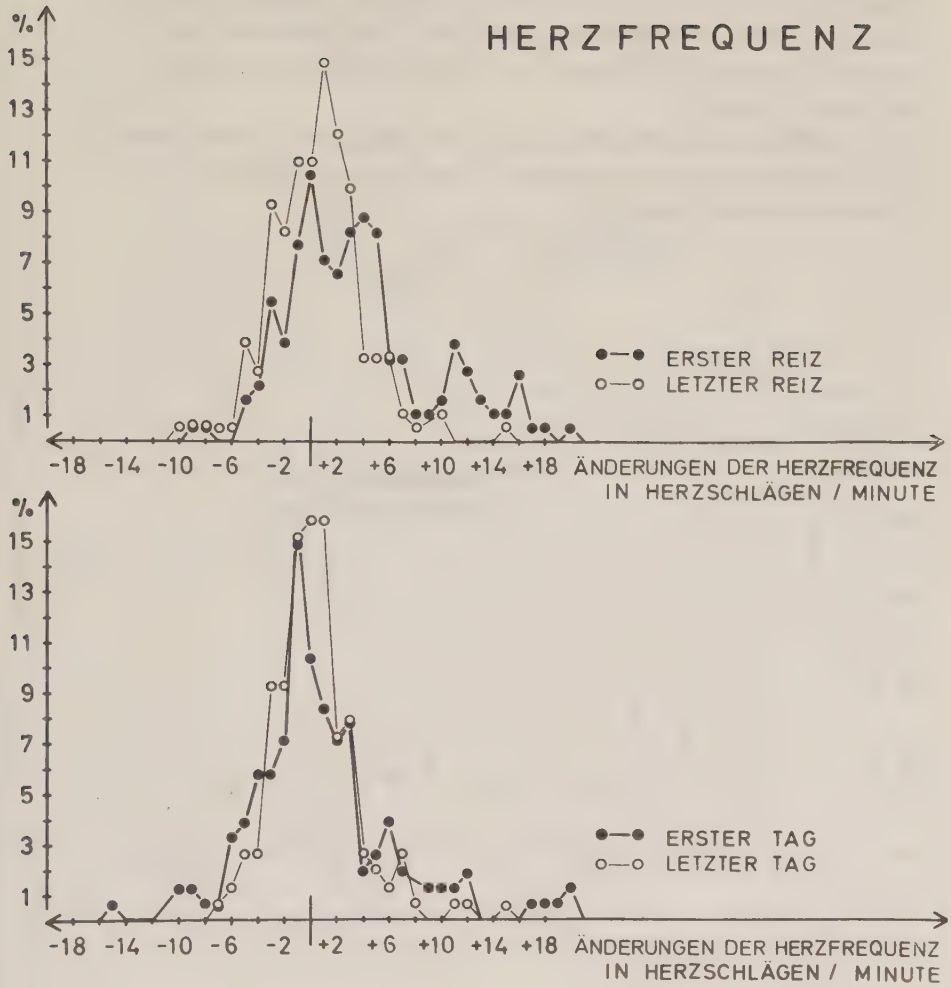


Abb. 8: Oberer Teil: Verteilung der Herzfrequenzreaktionen auf ersten und letzten Reiz bei allen Versuchspersonen und Versuchstagen (n = 185).
Unterer Teil: Verteilung der Herzfrequenzreaktionen auf die 12 Reize des ersten Tages und des letzten Tages, zusammengefaßt für alle VP (n = 156).

unterer Teil), und auch im Verlauf von Reizwerten und Grundwerten konnte keine Tendenz gefunden werden (Abb. 10). Bemerkenswert war nur noch, daß sich beim Vergleich Reizwerte - Grundwerte diesmal nur zwei Reaktionstypen unterscheiden ließen:
5 VP gehörten zum Mischtyp und 8 VP reagierten vorwiegend mit Frequenzzunahme. Es zeigte also niemand vorwiegend eine Frequenzabnahme (Abb. 10).

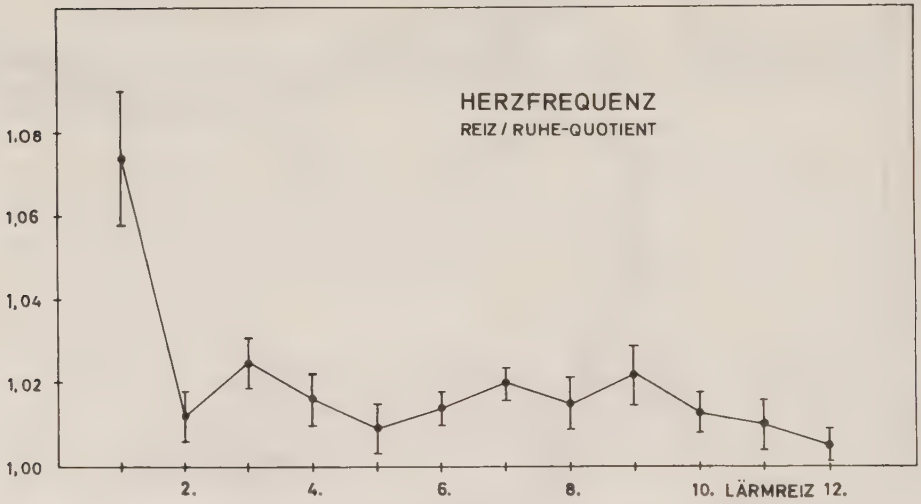


Abb. 9: Reiz/Ruhe-Quotient der Herzfrequenz innerhalb eines Versuchstages, Mittelwert und mittlerer Fehler des Mittelwertes von 201 Versuchstagen.
(Reizwert = Frequenz in der Minute nach Reizbeginn, Ruhewert = Frequenz in der Minute zweieinhalb Minuten vor Reizbeginn).

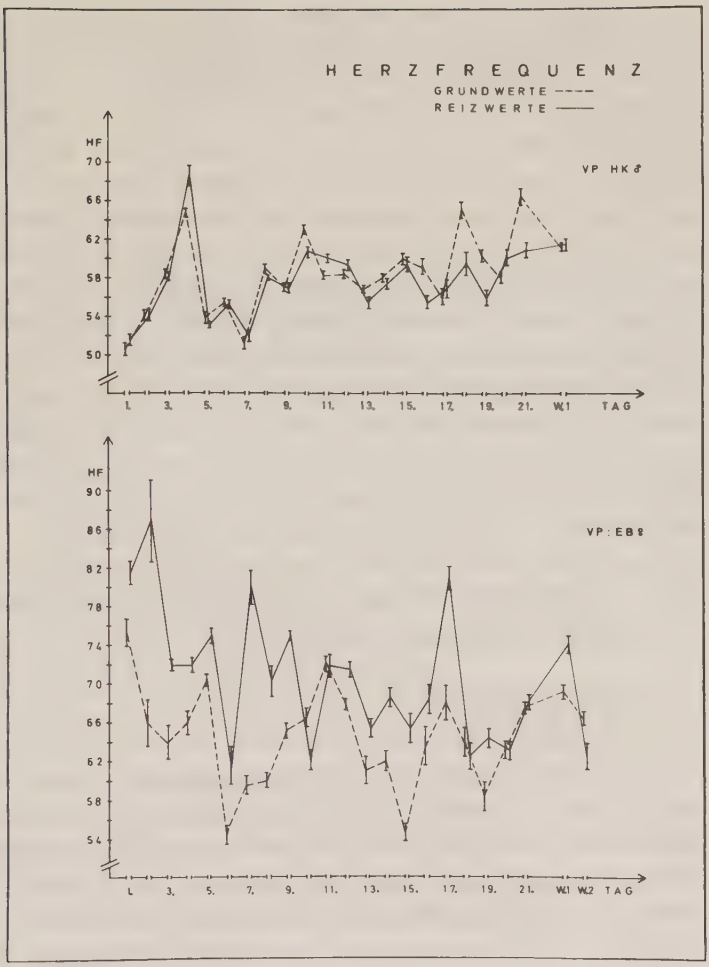


Abb. 10: Mittlere Herzfrequenz während der 12 Reize eines Versuches (Reizwerte) im Vergleich zu den während der Ruhephase ermittelten Grundwerten über 21 Tage und Wiederholungsversuche bei zwei verschiedenen VP. Die Balken geben den mittleren Fehler des Mittelwertes an.
Oben: gemischte Reaktion
Unten: vorwiegend Frequenzabnahme.

3.4. Puls/Atem-Frequenzquotient

Der PAQ wurde täglich aus den Herz- und Atemfrequenzwerten der halbstündigen Ruhephase ermittelt. Dabei erwiesen sich vier VP als ergotrop (PAQ > 4), fünf als trophotrop (PAQ < 4), bei den restlichen vier schwankten die Werte dauernd um 4,0. Von Interesse war nun, ob anhand der vegetativen Ausgangslage eine Aussage über die Reaktion von Herz- und Atemfrequenz getroffen werden konnte. Dabei stellte sich heraus, daß derjenige Typ, der mit Herzfrequenzzunahme reagiert hatte, gleichmäßig über alle drei Gruppen der vegetativen Lage verteilt war. Anders bei der Atemfrequenz, hier hatten alle trophotropen VP vorwiegend mit Frequenzabnahme reagiert, alle ergotropen dagegen mit Frequenzzunahme bzw. einer gehörte zum Mischtyp. Bei der Kleinheit des Kollektivs wäre es allerdings sehr problematisch, diese Aussage zu verallgemeinern.
Die Berechnung des PAQ über den gesamten Versuch hin als einen reizabhängigen Parameter brachte gegenüber Atem- und Herzfrequenz keine neue Information.

3.5. Hautdruchblutung

Die vorherrschende Reizantwort der Hautdurchblutung auf Lärmreize hin war die Vasokonstriktion. Nur bei einer der 10 Tage-VP traten zu Anfang der Versuchsserie durchweg Vasodilatationen auf, die aber nach etwa der Hälfte der Versuchstage auch in Vasokonstriktionen umschlugen. Die Vasodilatationen wurden als echte Lärmreaktionen und nicht als Meßfehler gewertet, da sowohl Sondenlage als auch Drosselungstest den von GOLENHOFEN et al. (1957) genannten Kriterien voll entsprachen, und außerdem die gegen Ende der Versuchsserie registrierten Vasokonstriktionen in exakt gleicher Sondenposition wie zu Versuchsbeginn gemessen wurden.

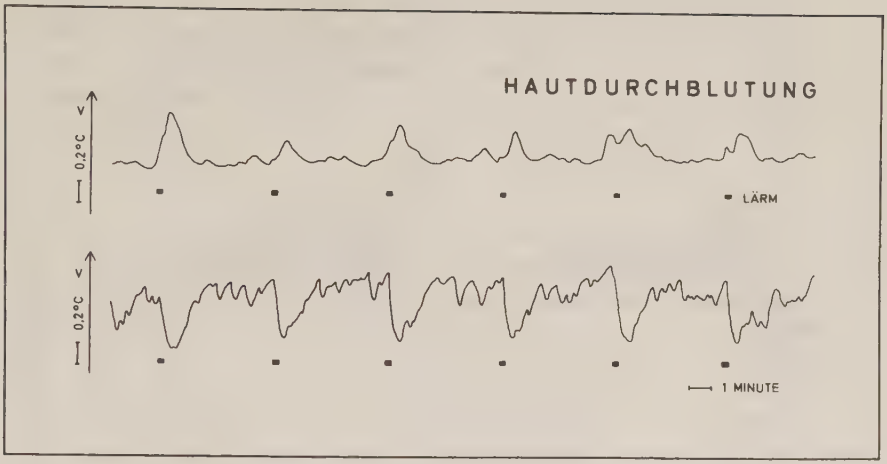


Abb. 11: Originalregistrierung der Hautdurchblutung am rechten Daumenballen.
Oben: Vasodilatationen auf Lärmreize hin (A.P., 3. Tag, Reiz 1 - 6).
Unten: Vasokonstriktionen auf Lärmreize hin (K.P., 1. Tag, Reiz 1 - 6).

Innerhalb eines Experiments blieb die Hautdurchblutungsreaktion gleich, bei zehn der dreizehn VP nahm sie jedoch innerhalb der ersten zehn Tage ab. Bei denjenigen VP, die noch weitere elf Tage an den Versuchen teilnahmen, traten nochmals leichtere Abnahmen auf (siehe Abb. 12, 13 und 16).

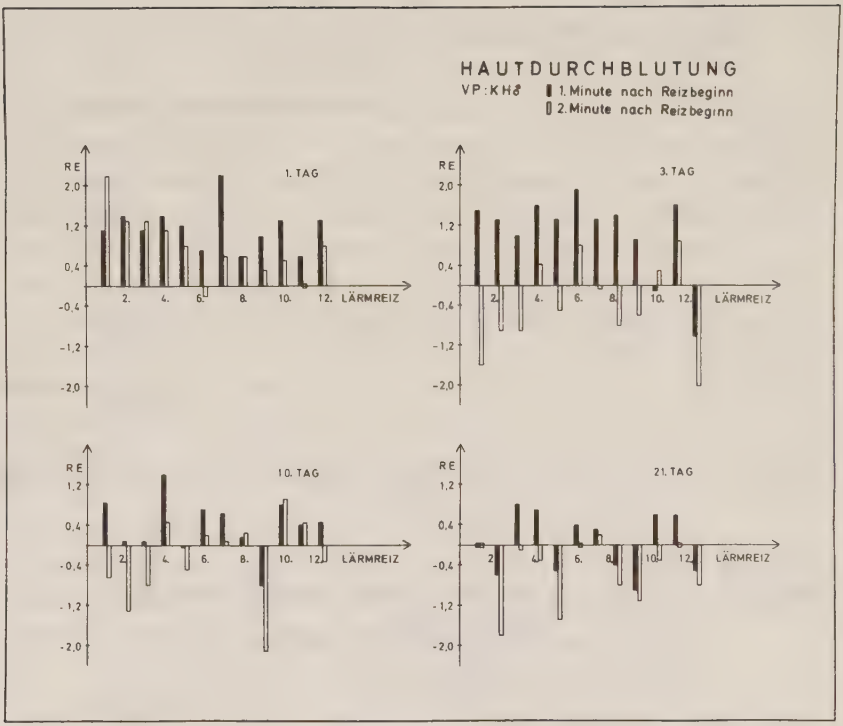


Abb. 12: Integral der Hautdurchblutungsreaktion während der ersten und zweiten Minute nach Reizbeginn, bezogen auf das Durchblutungsniveau der Minute vor dem Reiz am 1., 3., 10. und 21. Versuchstag.

Die Abnahme der Reaktion erfolgte in zwei Stufen: Zunächst ging die Dauer der Reaktion von etwa zwei Minuten am 1. Versuchstag auf etwa eine Minute am 3. bis 4. Versuchstag zurück. Dem folgte eine Abnahme der Amplitude der Reaktion, im Mittel am stärksten zwischen dem 3. und 5. Versuchstag. Zwischen dem 10. und 21. Tag waren

die Reaktionen auf die Lärmreize häufig nicht mehr von den Spontanschwankungen der Durchblutung zu unterscheiden. Beim 1. Whv erwiesen sich noch zwei Drittel der VP teilweise an den Lärm gewöhnt, beim 2. Whv waren es nur noch ein Drittel.

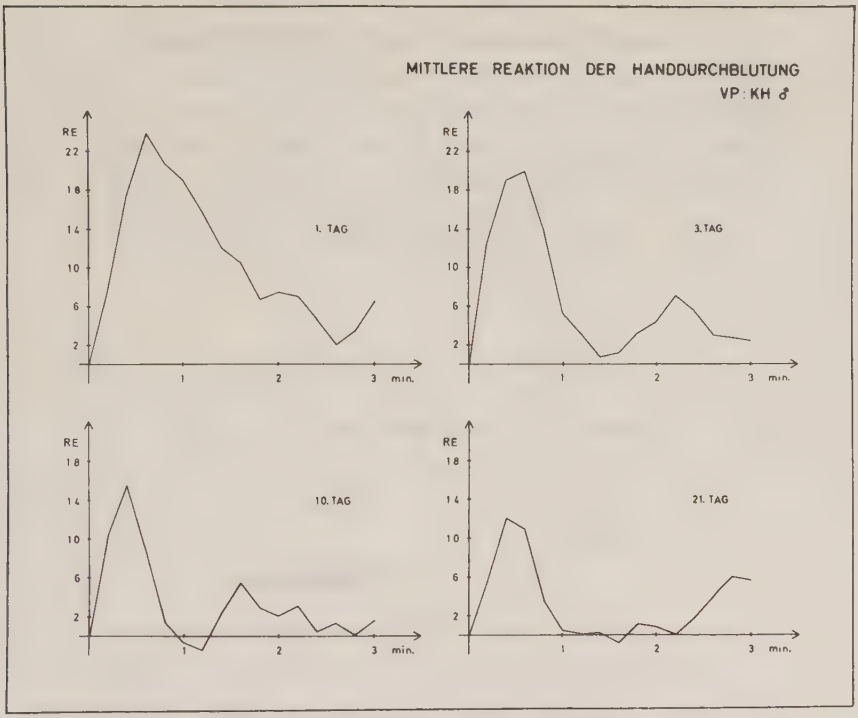


Abb. 13: Hautdurchblutungsreaktion von Hand über alle 12 Reize des 1., 3., 10. und 21. Versuchstages gemittelt.

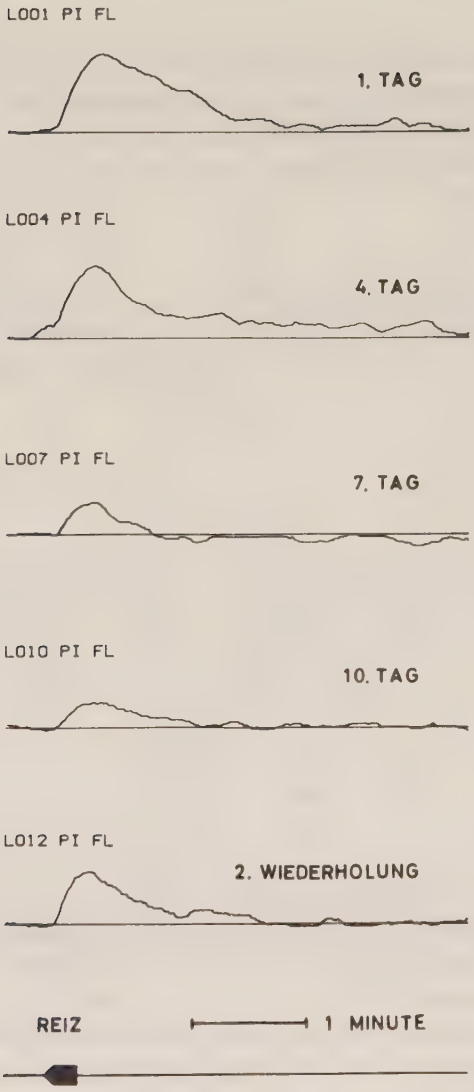


Abb. 14: Hautdurchblutungsreaktion, mit Hilfe des Rechners gemittelt über alle 12 Reize des 1., 4., 7., 10. Versuchstages und des 2. Wiederholungsversuches.

Beim Vergleich der unterschiedlichen Auswertungsmethoden brachten die Berechnung der Fläche der Durchblutungsreaktion und die Mittelung der Reaktionen über einen Tag etwa vergleichbare Ergebnisse. Die Kennwertberechnung erwies sich dagegen als weniger eindeutig, war aber am arbeitsintensivsten und wurde deswegen wieder fallengelassen (Abb. 15).

Bei der Hautdurchblutung konnte also von einer Langzeitadaptation gesprochen werden, die überwiegend in der ersten Versuchswoche eintrat. Leichtere Abnahmen waren aber auch noch in der zweiten und dritten Versuchswoche zu verzeichnen, und in keinem Fall nahm die Reaktion gegen Ende der Versuchsreihe wieder zu.

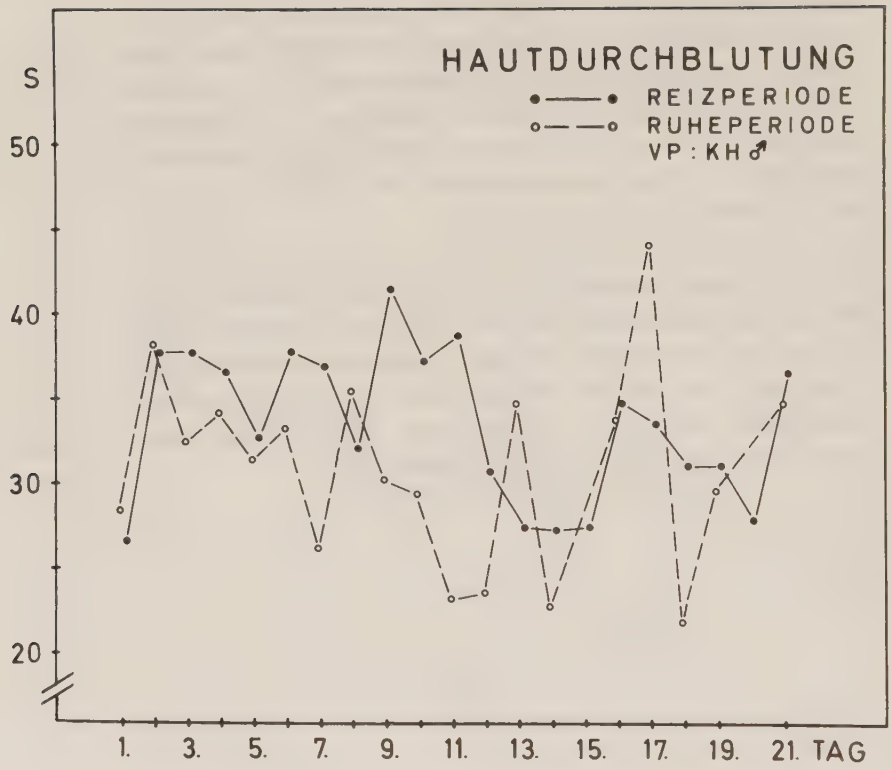


Abb. 15: Verlauf der Kennwerte für Ruhe- und Reizperiode, berechnet als Standardabweichung von einer Mittelwertskurve, die als Polynom dritten Grades nach dem Prinzip der kleinsten Fehlerquadrate durch die Durchblutungskurve gelegt wurde.

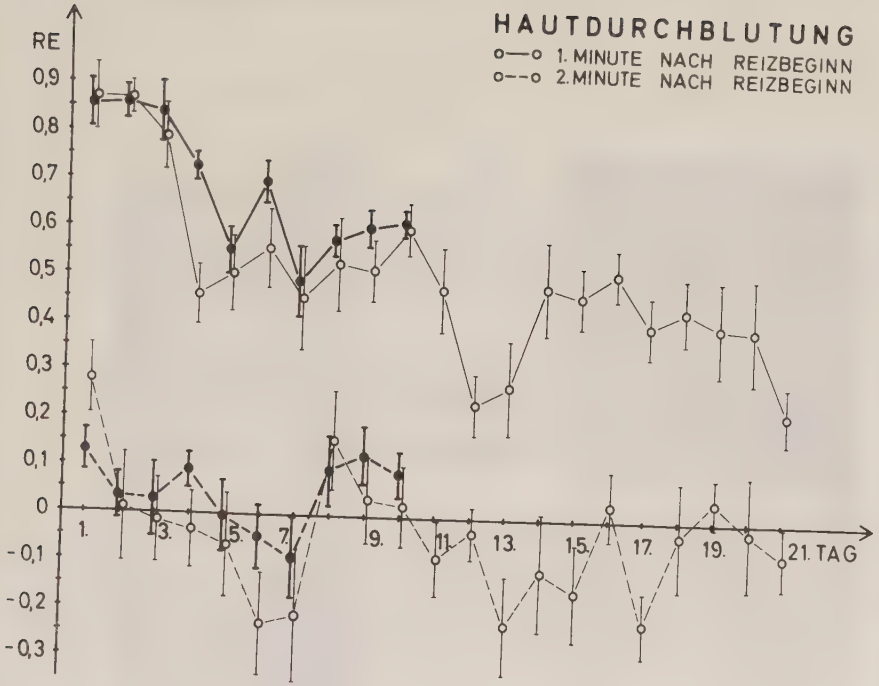


Abb. 16: Mittlere Hautdurchblutungsreaktion (Berechnung des Integrals während der ersten und zweiten Minute nach Reizbeginn, bezogen auf die Minute vor Reizbeginn), einbezogen wurden alle VP mit Ausnahme von derjenigen mit Vasodilatationen. In den 10 Tage-Kurven sind auch die ersten zehn Tage der 21 Tage-Versuchsserien enthalten. Die Balken geben den mittleren Fehler des Mittelwertes an.

3.6. Elektroenzephalogramm

Die Reaktion des EEG's auf Lärmreize war einheitlich eine Vermehrung schnellerer Frequenzen. In welchen Frequenzbereich diese Reaktion fiel, war abhängig von der Vigilanzlage vor dem Reiz.

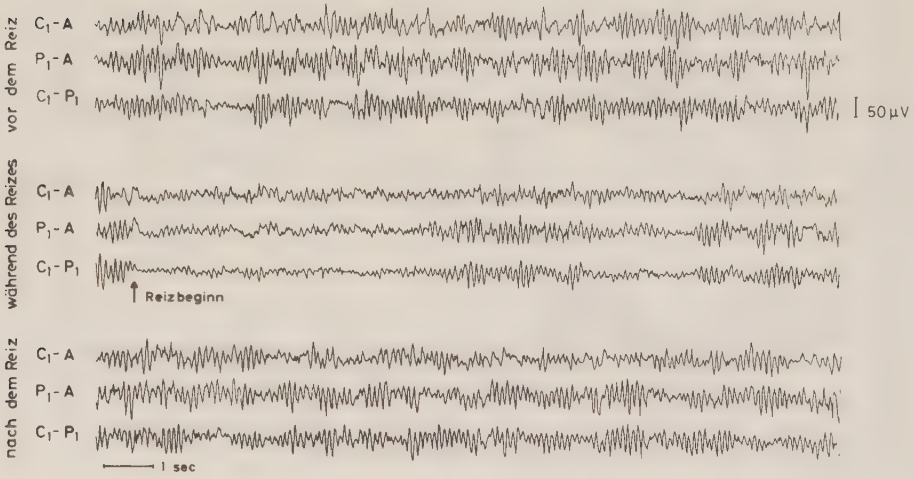


Abb. 17: Originalregistrierung des EEG's (E.B., 2. Tag, 2. Reiz).

Innerhalb eines Versuchstages blieb die Leistung in den einzelnen Frequenzbändern, insbesondere die alpha-Aktivität, nahezu konstant. Verglich man die Gesamtspektren der VP zwischen dem 1. und 10. Tag, so ließ sich ebenfalls praktisch noch kein Unterschied feststellen. Die-

jenigen VP aber, die noch weitere 11 Tage an den Versuchen teilnahmen, befanden sich gegen Ende weitaus häufiger als anfangs in subvigilen Stadien und erreichten den alpha-Bereich meistens nur noch während der Reize (siehe Abb. 18).

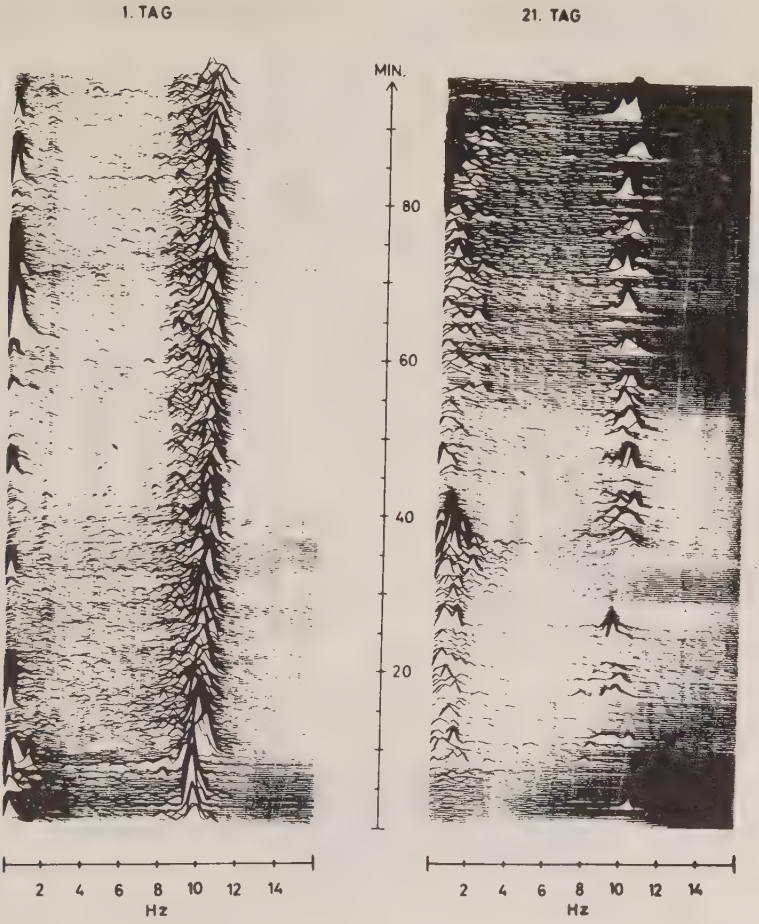


Abb. 18: EEG-Leistungsspektren vom 1. und 21. Versuchstag (E.B., $C_1$ - $P_1$).

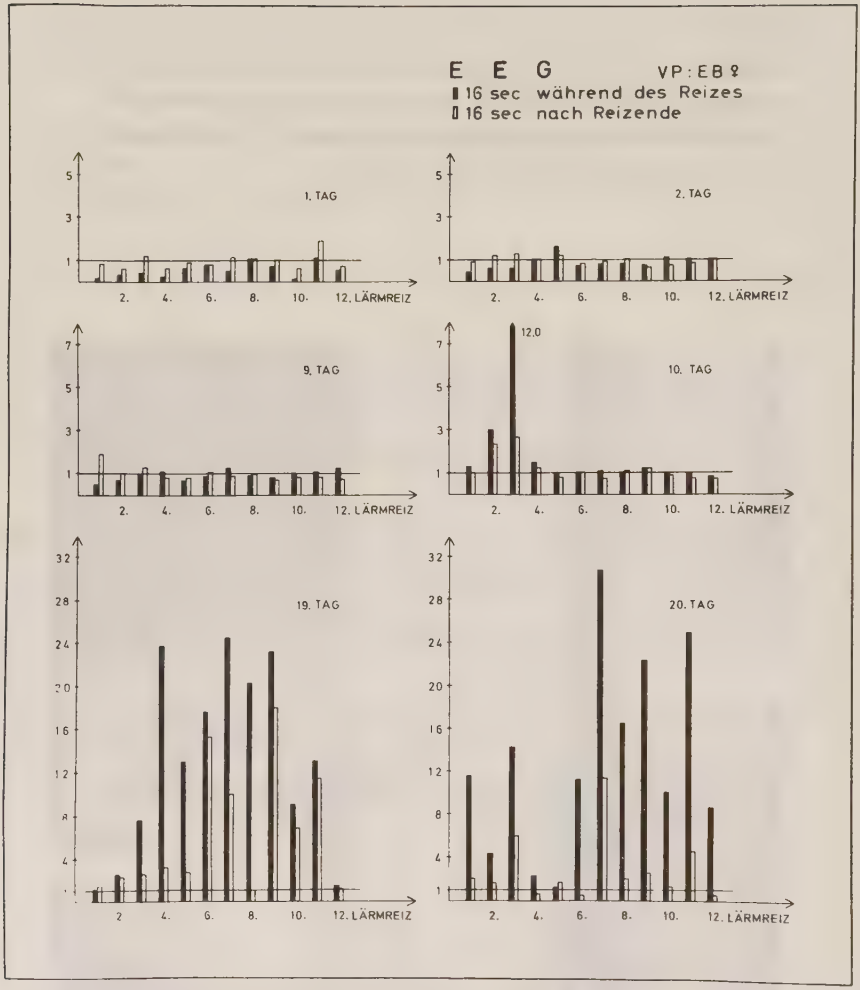


Abb. 19: Leistung im alpha-Band des EEG, 16 sec während des Reizes und 16 sec nach Reizende, bezogen auf 16 sec vor Reizbeginn (Reiz/Ruhe-Quotienten).

Die alpha-Aktivität der VP nahm also im Verlauf der Versuchsreihe ab, insbesondere etwa ab dem 15. Versuchstag. Das heißt, eine Reizsituation, wie sie bei Herz- und Atemfrequenz beschrieben wurde, ließ sich zu Versuchsende für das ZNS nicht mehr erkennen.
Um den genauen Verlauf der Reaktion auf jeden einzelnen Reiz hin über die gesamte Serie zu verfolgen, wurde die Leistung im alpha-Band 16 Sekunden vor und während des Reizes und 16 Sekunden nach Reizende berechnet und daraus Reiz/Ruhe-Quotienten gebildet. Am Anfang befanden sich die VP zwischen den Reizen im alpha-Bereich, der Reiz führt zu einer Blockierung von alpha und zu einem desynchronisierten EEG. Der Quotient Reiz/Ruhe für den alpha-Bereich wurde dadurch kleiner als eins. Am 9. und 10. Tag schwankte der Quotient immer noch vorwiegend um eins. Gegen Ende der Versuchsserie dagegen hatte die VP zwischen den Reizen ein flaches EEG mit eingestreuter theta-Aktivität, nur durch den Reiz kam es zum Auftreten von alpha. Dadurch wurde der Quotient Reiz/Ruhe wesentlich größer als eins (Abb. 19). Wurde dieser Quotient über alle VP gemittelt und kontinuierlich aufgetragen, so sah man einen leichteren Anstieg des Quotienten um den dritten bis fünften Tag, zusätzlich aber noch einen starken Anstieg gegen Ende der Versuchsserien (Abb. 20).

Es blieb also die Richtung der Reaktion auf den Reiz hin über den gesamten Versuchszeitraum die gleiche - nämlich eine Vermehrung schnellerer Frequenzen - es änderte sich aber der Bereich, in dem die Reaktion stattfand. Diese Bereichsänderung mußte als Gewöhnung interpretiert werden, die aber vorwiegend erst in der dritten Versuchswoche auftrat. Sie hielt nach vier und nach acht Wochen bei allen 21-Tage-VP zumindest noch teilweise an.

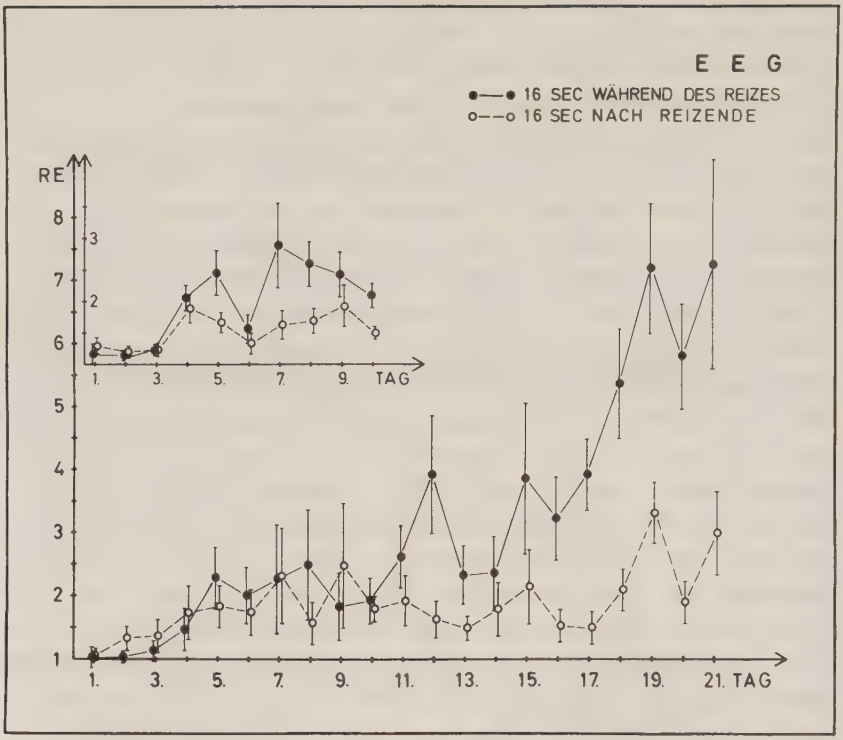


Abb. 20: Mittlere Leistung im alpha-Band des EEG's, dargestellt als Reiz/Ruhe-Quotienten für die 16 sec während des Reizes und 16 sec nach Reizende, bezogen auf 16 sec vor Reizbeginn. Mittelwerte aus allen VP, in den 10 Tage-Kurven sind auch die ersten zehn Tage der 21 Tage-Kurven enthalten. Die Balken geben den mittleren Fehler des Mittelwertes an.

## 4. Diskussion

Die vorliegende Arbeit hat gezeigt, daß beim Menschen die Frage einer Gewöhnung sowohl von subjektiven Größen als auch von vegetativen und zentralnervösen Parametern an starke Lärmreize weder grundsätzlich zu bejahen noch grundsätzlich zu verneinen ist. Selbst das Eintreten einer Reaktion kann nicht mit Gewißheit vorausgesagt werden, ebensowenig wie - mit Ausnahme des EEG's - die Richtung der Reaktion. Eine Kurzzeitadaptation innerhalb eines Versuchstages fand sich nur bei der Herzfrequenz, während sich bei den subjektiven Größen, bei der Hautdurchblutung und beim EEG Adaptationsvorgänge innerhalb der gesamten Versuchsserie feststellen liessen, aber mit unterschiedlichen Zeitverläufen. Einzig die Atmungsreaktion blieb über den ganzen Versuchszeitraum ohne erkennbare Veränderung.

### 4.1. Reaktionen auf Lärm

Am häufigsten wurden vegetative Lärmreaktionen bisher als periphere Hautdurchblutungsänderungen an der Hand gemessen. In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle wurden dabei Vasokonstriktionen gefunden und als vermehrte Sympathikusaktivität gedeutet: ROTHLIN und BLUNTSCHLI (1944), LEHMANN und TAMM (1956), LEHMANN und MEYER-DELIUS (1958), OPPLIGER und GRANDJEAN (1959), JANSEN (1961 - 1974), GLASS und SINGER (1972), WELLMEIER (1975). Auch bei den hier beschriebenen Versuchen wurden vorwiegend Vasokonstriktionen registriert, daneben aber auch Vasodilatationen. Berichtet worden war über diese auch schon von JANSEN (1967) ohne Erklärungsversuch und von WELLMEIER (1975), der sie zu einer bestimmten vegetativen Ausgangslage in Beziehung setzte (P/A-Q um 4,25).

Dagegen sprechen aber die Befunde dieser Arbeit, bei der auch VP mit einem derartigen P/A-Q vasokonstriktorische Reaktionen zeigten und außerdem die Vasodilatationen bei täglich wiederholter Belärmung in Vasokonstriktionen umschlugen. Eine Korrelation zur Hauttemperatur ließ sich ebenfalls nicht herstellen, da sich bei kalten Händen der VP die Konstriktionen nicht in Dilatationen umwandelten, sondern einfach geringere Konstriktionen eintraten.
Ein anderer Erklärungsversuch zielt darauf ab, daß Vasodilatationen Sekundärreaktionen darstellen, die Primärreaktion dagegen eine Schweißsekretion ist. Dabei wird durch cholinerge Innervation der Schweißdrüsen ein Enzym zur Katalysation der Bildung von Bradykinin freigesetzt, und dieses löst daraufhin an den Hautarteriolen eine starke Dilatation aus (FOX und HILTON, 1958). Allerdings wurde ein solcher Mechanismus gerade für Hände und Füße ausgeschlossen, sie sollen ausschließlich unter einem Vasokonstirktorentonus stehen (GASKELL, 1956; RODDIE et al., 1957).
Hier soll nun die Überlegung angestellt werden, ob einzelne Personen vielleicht als Ausnahme doch auch an den Händen über eine cholinerge Innervation der Schweißdrüsen verfügen. Wenn bei ihnen auf den Lärm hin affektives Schwitzen eintritt, so würde es als Sekundärreaktion über den Bradykininmechanismus zu einer Vasodilatation kommen, die durch ihre Stärke die sonst übliche Vasokonstriktion überdeckt. Sobald aber aufgrund eines Gewöhnungsprozesses die affektive Schweißsekretion ausbleibt, wird die Lärmreaktion wieder allein durch die sympathische Innervation der Gefäße bestimmt. Um eine solche Spekulation zu untermauern, müßten aber noch weitere Untersuchungen durchgeführt werden.

Ein anderer häufig gemessener Parameter ist die Herzfrequenz. Wenn man davon ausgeht, daß ein 100 dB-starker Reiz eher Ablehnung als nur Aufmerksamkeit hervorruft, so müßte nach LACEY

et al. (1963) bei den hier beschriebenen Versuchen eine Frequenzzunahme auf den Lärm hin erfolgen. In der Tat trat dies in der Mehrzahl der Fälle auch ein, es kamen aber auch Frequenzabnahmen vor. v. EIFF et al. (1974) fanden sogar auf gleiche Reize vorwiegend Abnahmen derselben Größenordnung (ca. 2 Schläge/min). Die Theorie Aufmerksamkeit - Herzfrequenzabnahme und Ablehnung - Herzfrequenzzunahme läßt sich so also nicht ohne weiteres aufrechterhalten. Die Regulation der Herzfrequenz scheint vielmehr so komplex zu sein, daß sich keine sicheren Prognosen für die Reaktion stellen lassen. Dafür sprechen auch die vielen gegensätzlichen Befunde in der Literatur. Ein sehr hoher bzw. niedriger Ruhewert der Herzfrequenz ließ ebenfalls keine Schlüsse auf die Richtung der Reaktion zu, ebensowenig wie die vegetative Ausgangslage. Eine besondere Schwierigkeit bei der Einordnung der Befunde in die Literatur bestand darin, daß bei praktisch jeder Arbeit ein anderer Lärmreiz verwendet wurde. Einige dieser Ergebnisse erscheinen auch etwas unwahrscheinlich. Schwer vorstellbar ist zum Beispiel das Alles-oder-Nichts-Gesetz von GERBER et al. (1977), die auf Reize zwischen 20 und 80 dB immer die gleichen Reizantworten fanden, oder der Befund von THACKRAY et al. (1975), daß ein 71 dB-Reiz nur Frequenzabnahmen, ein 81 dB-Reiz dagegen nur Frequenzzunahmen hervorruft. Daß auf die 100 dB-Reize dieser Arbeit neben überwiegend Frequenzzunahmen auch Frequenzabnahmen verzeichnet wurden, paßt dagegen gut zu den Ausführungen von SAYERS (1975), der die Mechanismen der Herzfrequenzbeeinflussung beschreibt (siehe 1.3.1.1.).

Unterschiedliche Reaktionsrichtungen treten auch bei der Atemfrequenz auf. Diese ist allerdings im Zuammenhang mit Lärmuntersuchungen erst relativ selten herangezogen worden. HEINECKER (1959) fand auf 90 dB-Reize deutliche

Veränderungen nur bei VP mit starken Mißempfindungen dem Lärm gegenüber. Eine solche Korrelation zwischen subjektiver Einschätzung des Lärms und Stärke der Reaktion konnte in dieser Arbeit nicht bestätigt werden. Es fand sich aber ein Zusammenhang zwischen vegetativer Ausgangslage und Richtung der Reaktion in dem Sinne, daß trophotrope VP eher mit Atemfrequenzabnahmen reagierten, während ergotrope VP vorwiegend Atemfrequenzzunahmen zeigten. Bei der Kleinheit des Versuchspersonenkollektivs ist es allerdings nicht auszuschließen, daß es sich hierbei um einen Zufallsbefund handelt. Ein solcher Zusammenhang wurde von HEINECKER ausdrücklich verneint.

Das EEG schließlich als einziger neurophysiologischer Parameter zeigt eine einheitliche Reaktionsrichtung auf Lärmreize hin, und zwar eine Vermehrung schnellerer Frequenzen. Ist die VP schläfrig vor dem Reiz, so verschwindet die dominante Frequenz, in diesem Fall theta-Aktivität, und es tritt vermehrt alpha auf. Ist die VP dagegen entspannt wach, so verschwindet alpha- zugunsten von beta-Aktivität. Das entspricht den Befunden von PERL, GALAMBOS und GLORIG (1953), die auf sehr kurze Lärmreize hin ebenfalls ein Verschwinden der dominanten Frequenz (in der Regel alpha-Aktivität) beobachteten und einen Einfluß des Wachheitsgrades auf die Reaktionsform des EEG's feststellten. Die praktisch gleiche Reaktion konnte auch während des Nachtschlafes beobachtet werden, wo es durch Straßenlärm zu einer Verminderung der Schlaftiefe kam (BERGAMINI et al., 1976).

Noch einmal sei zum Schluß erwähnt, daß alle der hier beschriebenen Reaktionen von Vegetativum und ZNS keine lärmspezifischen Reaktionen sind, sondern, daß sie alle auch durch andere Stressoren ausgelöst werden können.

4.2. Kurzzeitadaptation

Einzelne Beispiele für eine Gewöhnung innerhalb der zwölf Reize eines Versuchstages finden sich bei allen gemessenen Größen, sie fallen aber bei Mittelung über mehrere Tage wieder völlig heraus. Einzige Ausnahme bildet die Herzfrequenz, bei der auch noch nach Mittelung über alle 201 Versuchstage aller Serien eine deutliche Kurzzeitadaptation zu sehen ist in dem Sinne, daß der erste Reiz eine stärkere Frequenzzunahme gegenüber allen anderen Reizen auslöst. Als Erklärung kann man annehmen, daß der erste Reiz die größte Schreckreaktion hervorruft. Dann aber muß festgestellt werden, daß die Herzfrequenz die empfindlichste der gemessenen Größen für Schreckreaktionen darstellt, da bei keiner der übrigen Funktionen dieser Effekt festgestellt werden konnte.

Über eine Adaptation der Herzfrequenz ist auch in der Literatur schon mehrfach berichtet worden (BARTHOSHUK, 1962; GRAHAM et al., 1973; JOHNSON et al., 1975; THACKRAY et al., 1975). KEFEE und JOHNSON (1970) fanden sogar genauso eine Abnahme der Reaktion zwischen dem 1. und 2. Reiz, nicht mehr aber zwischen dem zweiten und allen folgenden Reizen. Alle diese Autoren benutzten intermittierende Reizung. Bei Dauerbeschallung konnte keine eindeutige Herzfrequenzreaktion festgestellt werden.

Über eine Kurzzeitadaptation der Hautdurchblutung berichtet nur eine Arbeit, und zwar GLASS und SINGER (1972, siehe 1.3.2.), sie konnte nicht bestätigt werden.
Das EEG wurde zwar sehr häufig zu Adaptationsuntersuchungen herangezogen, meistens aber handelte es sich um kurze click-Reize und die Messung des evozierten Potentials (LARSSON, 1956). Solche Untersuchungen können nicht als Vergleich genommen werden. Adaptationsvorgänge anderer Art innerhalb

eines Versuchstages konnten weder in dieser noch in anderen Arbeiten gefunden werden.
Die Atemfrequenz ergab noch bei keiner Lärmuntersuchung Anhaltspunkte für Adaptationstendenzen.

4.3. Langzeitadaptation

Die Frage der Gewöhnung an eine intermittierende Lärmbelastung über eine längere Zeit war der eigentliche Ausgangspunkt der Arbeit. Anfangs wurde ein Zeitraum von zehn Tagen als ausreichend angenommen. Aufgrund der noch nicht befriedigenden Ergebnisse wurden die Versuche später auf drei Wochen ausgedehnt. Aber auch bei dieser längerfristigen Belärmung zeigten weder die Reaktion der Herz- noch der Atemfrequenz einen Ansatz zur Gewöhnung.
Die Reaktion der Hautdurchblutung dagegen nahm besonders in den ersten fünf Tagen, aber auch noch in der zweiten und dritten Versuchswoche ab. Die EEG-Reaktion verschob sich zum Teil ebenfalls während der ersten Tage, besonders aber etwa ab dem 15. Tag. Zwei der vier physiologischen Größen zeigten also eine Langzeitadaptation an die Belärmung, der zeitliche Verlauf der Adaptation aber war bei diesen beiden Parametern unterschiedlich.

Auch bei den subjektiven Größen konnte eine Gewöhnung beobachtet werden. Zum einen änderte sich die Beurteilung von Lautheit und Unangenehmheit der Geräusche in der Weise, daß sie in den ersten zwei Wochen nur unmerklich und erst in der dritten Woche deutlicher niedriger eingestuft wurden. Hierbei läßt sich eine Parallele zur EEG-Reaktion feststellen, denn auch diese zeigte ihre auffallendste Veränderung in der dritten Woche. Andererseits war aber erstaunlicherweise mit der Empfindung von weniger laut und unangenehm nicht auch eine subjektive Einschätzung einer Gewöhnung gleichzusetzen. Dieser Prozeß setzte nämlich

schon viel früher ein, bereits in den ersten Versuchstagen und korrelierte also zeitlich eher mit der ersten stärksten Abnahme der Hautdurchblutungsreaktion. In der zweiten und dritten Versuchswoche aber zeigten sich keine Veränderungen mehr. Eine subjektive Gewöhnung an Lärm kann demnach nicht quantifiziert werden, indem nur nach seiner Lautheit und Unangenehmheit gefragt wird. Es scheint aber für die subjektiven Empfindungen in begrenztem Umfang Entsprechungen in einigen physiologischen Größen zu geben in dem Sinne, daß geringere psychische Belästigung teilweise auch zu geringeren physiologischen Reaktionen führt. Ein genau umgekehrter Zusammenhang wurde von GUSKI (1974) gefunden. Bei ihm zeigten nämlich Versuchspersonen, die auf Fluglärm stark verbal verärgert reagierten, geringere physiologische Reaktionen als die übrigen und umgekehrt (Meßgröße war unter anderen auch die Hautdurchblutung, nicht aber das EEG). Dieses Problem bedürfte also einer weiteren Klärung durch Versuche mit einer in diese Richtung zielenden Fragestellung.

Daß es eine subjektiv empfundene Gewöhnung an Lärm geben kann, hat wahrscheinlich nahezu jeder schon an sich selbst beobachtet und kann nicht bezweifelt werden. Anders jedoch ist es bei den physiologischen Lärmreaktionen, hier ist die Frage einer Gewöhnung noch stark umstritten. Ein wichtiges Ergebnis dieser Arbeit ist wohl die Aussage, daß man die Frage einer Lärmgewöhnung für jede einzelne physiologische Funktion für sich klären muß und keine gemeinsame Aussage z. B. über das vegetative System treffen kann, ja nicht einmal das Kreislaufsystem kann als einheitlich reagierend betrachtet werden. Deshalb aber kann auch eine Lärmadaptation nicht grundsätzlich abgelehnt werden. Wenn JANSEN (1971) von der Konstanz vegetativer Schallreaktionen spricht, so müßte

man ihm entgegenhalten, daß dieses nur für einen Teil der vegetativen Reaktionen zutrifft. Er selbst findet zwar innerhalb einer Woche auch abnehmende Reaktionen, stellt aber bei längeren Zeiträumen (2 Wochen) wieder Reaktionszunahmen fest. Solche Reaktionszunahmen konnten in dieser Arbeit nur als Einzelfälle gesehen werden, nicht aber als systematischer Effekt. Einen Teil seiner VP untersuchte JANSEN bis zu einem Zeitraum von 1 1/4 Jahren, arbeitete in dieser Zeit aber weder mit genormten Reizen noch jedesmal zur gleichen Tageszeit sowie mit völlig unterschiedlichen Abständen zwischen den einzelnen Versuchen und ohne die sonstigen Einflüsse auf die VP in dieser Zeit mit in Betracht zu ziehen. Es ist leicht vorstellbar, daß unter solchen Bedingungen keine Adaptation meßbar wurde.

Auch LEHMANN und TAMM (1956), LEHMANN und MEYER-DELIUS (1958) und OPPLIGER und GRANDJEAN (1959) wiederholten Lärmversuche bis zu einem Zeitraum von etwa einem halben Jahr, aber ebenso unter ziemlich regellosen Bedingungen, und sie fanden dabei ebenfalls keine Adaptationstendenzen.

In einer umfangreichen Studie über Fluglärm, die unter anderem unter psychologischen Gesichtspunkten (GUSKI, 1974), unter arbeitsphysiologischen Gesichtspunkten (JANSEN, 1974) und unter medizinischen Gesichtspunkten (v. EIFF et al., 1974) durchgeführt wurde, wurden vom Fluglärm unterschiedlich stark betroffene Personen im Labor mit weißem Rauschen beschallt. Aber keine von ihnen hatte irgendwelche Prozesse entwickelt, die es ihr gestatteten, sich durch Belärmung im Labor weniger beeinflussen zu lassen. Selbst wenn also eine Gewöhnung an Fluglärm eingetreten wäre, so gilt diese nicht mehr für einen ähnlichen Reiz in einer anderen Umgebung.

Etwas weitgegriffen erscheint die These von GLASS und SINGER (1972), daß eine Gewöhnung an jeden Reiz eintreten kann, denn z. B. die Abschwächung eines Warnsignals durch Adaptation erscheint wenig sinnvoll, andererseits aber kann die Adaptation an als ungefährlich erkannte Reize eine Bedingung sein, um andere Signale mit wichtiger Information überhaupt noch aufnehmen zu können (KRYTER, 1970). Das heißt natürlich noch nicht, daß sich diese Gewöhnung auch in physiologischen Funktionen wiederspiegeln muß. Trotzdem erscheint es zumindest vordergründig auch für das vegetative System sinnvoll zu sein, sich einer anhaltenden oder häufig wiederkehrenden Streßsituation durch Adaptation zu entziehen. Offensichtlich ist dies aber nur begrenzt möglich.

Die teilweise Gewöhnung von vegetativen und zentralnervösen Funktionen an Lärm erscheint jedoch durchaus einleuchtend im Zusammenhang mit den Theorien von SOKOLOV (1963) und BROADBENT (1971). Zum einen verliert das weiße Rauschen durch zunehmende Bekanntheit und Vertrautheit für die VP seinen Signalcharakter, der "Kanal" zum Verarbeitungszentrum ist deswegen nur noch teilweise durchgeschaltet und zum anderen wird trotz der hohen Stimulus-Intensität mit der Zeit eben nicht mehr das Defensivsystem, sondern eher das Orientierungssystem angesprochen. Die nicht adaptierenden Funktionen dagegen zeigen weiterhin ein Verhalten im Sinne einer Defensivreaktion, der Reiz behält für sie sozusagen Signalcharakter.

Eine sehr interessante Frage zur weiteren Klärung wäre es nun, den Ursachen oder Mechanismen dieser dissoziierenden Verhaltensweisen des vegetativen Systems weiter nachzuspüren, die ja ebenfalls schon 1963 von SOKOLOV postuliert wurden.

## 5. Zusammenfassung

Bei acht Versuchspersonen wurden an 10 Tagen und bei fünf Versuchspersonen an 21 Tagen subjektive Größen sowie vegetative und neurophysiologische Parameter auf intermittierende Beschallung gemessen. Dabei folgten einer dreißigminütigen Ruhephase zwölf starke Lärmreize (16 sec 100 dB (A) weißes Rauschen) in regelmäßigen Abständen von fünf Minuten. Registriert wurden Atmung, Herzfrequenz, Hautdurchblutung und das EEG. Zusätzlich war täglich ein Fragebogen auszufüllen, der Auskunft gab über die vegetative Lage der VP, den Genußmittel- und Medikamentenkonsum sowie die persönliche Einschätzung des jeweiligen Versuches.

Das Ziel dieser Arbeit war die Untersuchung der Reaktionen auf starke Lärmreize über einen längeren Zeitraum, besonders unter dem Gesichtspunkt der Gewöhnung. Dabei zeigte es sich, daß keine pauschale Aussage getroffen werden konnte, sondern, daß jede der Meßgrößen für sich betrachtet werden mußte. Die Atemfrequenz zeigte als einziger Parameter keinerlei systematische Veränderung. Bei der Herzfrequenz stellte sich eine Abnahme der Reaktion zwischen dem ersten und zweiten Reiz ein, nicht mehr aber zwischen dem zweiten und allen folgenden Reizen, ebensowenig wie innerhalb der einzelnen Versuchstage. Deshalb wurde von einer Kurzzeitadaptation der Herzfrequenz gesprochen im Gegensatz zu einer Langzeitadaptation, die bei den subjektiven Größen, beim EEG und bei der Hautdurchblutung gefunden wurde. Die Reaktion der Hautdurchblutung verringerte sich über die gesamte Versuchsserie hin, die stärkste Abnahme erfolgte aber gleich in den ersten fünf Tagen. Die Reaktion des EEG's verschob sich ebenfalls leicht in den ersten Versuchstagen, die wesentlichen

Änderungen traten aber erst etwa ab dem 15. Tag auf. Bei den subjektiven Größen mußte unterschieden werden zwischen der subjektiven Einschätzung der Gewöhnung und der Wertung für Lautheit und Unangenehmheit der Geräusche. Die subjektive Einschätzung einer Gewöhnung setzte gleich in den ersten Versuchstagen ein, also parallel zur stärksten Abnahme der Hautdurchblutungsreaktion. Lautheit und Unangenehmheit des Lärms dagegen wurden erst in der dritten Versuchsweoche merklich niedriger in der Rangskala eingestuft, also etwa zu dem Zeitpunkt der größten Änderung im EEG.

Obwohl von vielen Autoren bezweifelt, scheint es doch zumindest eine teilweise Gewöhnung mancher physiologischer Größen an intermittierende Beschallung zu geben. Der Verlauf der Adaptation aber ist bei jeder der einzelnen Größen unterschiedlich.

## 6. Literaturverzeichnis


ACKNER, B.: Emotions and the peripheral vasomotor system. Journal of Psychosomatic Research 1, 3-20, 1956

ANDREEVA-GALANINA, E.C., AKEKSEEV, S.V., KADYSKIN, A.V., VORONCOV, V.M.: Elektrophysiologische und biochemische Untersuchungen des Gehirns bei Einwirkung unterschiedlicher Geräusch-Parameter im Experiment (in Russisch). Gig. truda prof. zabol., Moskva, 14, Nr. 7, 39-42, 1970

BARTOSHUK, A.K.: Response decrement with repeated elicitation of human neonatal cardiac acceleration to sound. Jour. Comp. Physiol. Psychol. 55, 9-13, 1962

BECK, C.: Kernveränderungen der Haarzellen nach Beschallung. Arch. Ohr-Nas.- u. Kehlk.-Heilk. 167, 262-269, 1955

BERGAMINI, L., BERGAMASCO, B.: Cortical evoked potentials in man. Verlag Charles C. Thomas, Springfield, Illinois, USA, 1967

BERGAMINI, L., BERGAMASCO, B., BENNA, P., COVACICH, A., FURLAN, P.M., GILLI, M.: Die Wirkungen von Straßenlärm auf das Zentralnervensystem des Menschen. Z. EEG-EMG 7, 92-98, 1976

BETZ, E.: Similarities and differences during chronic exposure to different stressors. Proceedings of Third International Biometeorological Congress, 235-240, 1966

BOHNE, B.A.: Safe Level for noise exposure. Annals of Otology, Rhinology and Laryngology 85161, 711-725, 1976

BRANDT, S.: Untersuchungen mit 6-Plattenwärmeleitelementen am Modell und an der menschlichen Haut. Dissertation Marburg 1975

BROADBENT, D.E.: Effects of noise of high and low frequency on behaviour. Ergonomics 1, 21-29, 1957

BROADBENT, D.E.: The 20 dials and lights test under noise conditions. Report of the Medical Research Council 160/51, Cambridge 1961

BROADBENT, D.E.: Decission and Stress. Academic Press, New York - London 1971

BROWN III, J.E., THOMPSON, R.N., FOLK, E.D.: Certain non-auditory physiological responses to noise. Amer. industr. Hyg. Ass. J. 36, 285-291, 1975

CANAC, F., BLADIER, B.: Sur la nuisance du bruit decelée par les potentiels recueilles en dérivation bi-occipitale. Compte rendu de l'Acadmie des Sciences, 239, 1313-1315, 1954

CANNON, W.B.: Bodily changes in fear, hunger, pain and rage. Appleton, New York, 1929

CANTRELL, R.W.: Prolonged exposure to intermittent noise: audiometric, biochemical, motor, psychological and sleep effects. Laryngoscope 84, Suppl. 1, 1-55, 1974

CARRIE, I.R.G.: Zero-cross EEG analysis: effects of noise. International Journal of Bio-Medical Computing 4, 97-103, 1973

CARTWRIGHT, L.B., THOMPSON, R.N.: The effects of broadband noise on the cardiovascular system in normal resting adults. Amer. Industr. Hyg. Ass. J. 36, 653-658, 1975

CHERRY, C.: Kommunikationsforschung - eine neue Wissenschaft. Frankfurt, 1963

CONRAD, W., DÜRRE, W. (eds): Handbuch des Lärmschutzes und der Luftreinhaltung (Immissionsschutz). Verlag Erich Schmidt, Berlin, 1969

COOPER, R., OSSELTON, J.W., SHAW, J.C.: Elektroenzephalographie. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 1974

CORBEILLE, C., BALDES, E.J.: Cardiac responses to acoustic stimulation in intact and decerebrated rabbits. Amer. J. Physiol. 88, 491-494, 1929

CORBEILLE, C., BALDES, E.J.: The effect of acoustic stimulation on the blood pressure of methanized dogs. Amer. J. Physiol. 88, 495-497, 1929

DAMM, F.: Tagesgang der Hautdurchblutung. Dissertation Marburg, 1972

DFG-Beiträge zur Umweltforschung: Lärmforschung, S. 84-92, Harald Boldt Verlag, Boppard, 1976

DIEROFF, H.-G., WERNER, R., STAHL, J., REICHEL, G.: Über den diagnostischen Beitrag des EEG bei der Abgrenzung von Lärmhörschäden. Z. Laryngol. Rhinol. 52, 908-914, 1973

DAVIS, R.C., BERRY, T.: Gastrointestinal reactions to response-contingent stimulation. Psychol. Rep. 15, 95-113, 1964

DAVIS, R.C., BUCHWALD, A.M., FRANKMAN, R.W.: Autonomic and muscular responses and their relation to simple stimuli. Psychol. Monographs 69, No. 405, 1955

EHRENSTEIN, W., SCHAFFLER, K., MÜLLER-LIMMROTH, W.: Die Wirkung von Oxazepam auf den gestörten Tagschlaf nach Nachtschichtarbeit. Arzneim.-Forsch. 22, Nr. 2, 421-427, 1972

EIFF, A.W.v., CZERNIK, A., HORBACH, L., JÖRGENS, H., WENIG, H.G.: Fluglärmwirkungen - Medizinischer Untersuchungsteil. DFG-Forschungsbericht, Fluglärmwirkungen, Hauptbericht 1974

FAHRENBERG, J.: Ein itemanalysierter Fragebogen funktionell-körperlicher Beschwerden (Vela). Diagnostica 11, 141-153, 1965

FAHRENBERG, J., SELG, H., HAMPEL, R.: Freiburger Persönlichkeitsinventar (FPI). Verlag für Psychologie, Dr. C. J. Horgrefe, Göttingen, 1973

FATH, S.J., WALLACE, L.A., WORSHAM, R.W.: The effect of intermittent auditory stimulation on the occipital alpha rhythm. Physiological Psychology, Vol. 4 (2), 185-188, 1976

FLECHTNER, H.-J.: Grundbegriffe der Kybernetik. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart, 1970

FOX, R.H., HILTON, S.M.: Bradykinin formation in human skin as a factor in heat vasodilatation. J. Physiol. 142, 219-232, 1958

FRUHSTORFER, H.: Habituation and dishabituation of the human vertex response. Electroenceph. clin. Neurophysiol. 30, 306-312, 1971

GANG, M.J., TEFT, L.: Individualdifferences in heart-rate responses to affective sound. Psychophysiology Vol. 12, No. 4, 423-426, 1975

GASKELL, P.: Are there sympathetic vasodilator nerves to the vessels of the hands? J. Physiol. 131, 647-656, 1956

GERBER, S.E., MULAC, A., LAMB, M.E.: The cardiovascular response to acoustic stimuli. Audiology 16, 1-10, 1977

GLASER, E.M.: Die physiologischen Grundlagen der Gewöhnung. Thieme-Verlag, Stuttgart, 1968

GLASS, D.C., SINGER, J.E.: Urban stress - experiments on noise and social stressors. Academic Press, New York, 1972

GÖBEL, S.: Gesichtsfeldbestimmungen bei chronischen Lärmschäden. Dissertation Erfurt, 1967

GOGAN, P.: The startle and orienting reactions in man. A study of their characteristics and habituation. Brain Research 18, 117-135, 1970

GOLDSMITH, J.R., JONSSON, E.: Health effects of community noise. Amer. S. Publ. Hlth. Vol. 63, 9, 782-793, 1973

GOLENHOFEN, K.: Haut in E. Bauereisen, Physiologie des Kreislaufs, Band 1, S. 347-383, 1971

GOLENHOFEN, K., HENSEL, H., HILDEBRANDT, G.: Durchblutungsmessung mit Wärmeleitelementen in Forschung und Klinik. Thieme-Verlag, Stuttgart, 1963

GOLENHOFEN, K., HILDEBRANDT, G.: Die Beziehung des Blutdruckrhythmus zu Atmung und peripherer Durchblutung. Pflügers Arch. 267, 27-45, 1958

GRAHMAN, F.D., SLABY, D.A.: Differental heart rate changes to equally intense white noise and tone. Psychophysiology, Vol. 10, No. 4, 347-362, 1973

GRIFFIN, J.P.: Neurophysiological studies into habituation. In: G. Horn and R.A. Hinde (eds.), Short-term changes in neural activity and behaviour, 141-179, Cambridge, University Press, 1970

GUSKI, R.: Fluglärmwirkungen - Psychologischer Untersuchungsteil. DFG-Forschungsbericht Fluglärmwirkungen, Hauptbericht 1974

HARCUM, E.R., MONTI, P.M.: Cognitans and "placebos" in behavioral research on ambient noise. Perceptual and Motor Skills 37, 75-99, 1973

HARTLEY, L.R.: Performance during continous and intermittent noise and wearing ear protection. J. exp. Psychol. 102, 512-516, 1974

HEINECKER, R.: Individuelle Unterschiede in der Reaktion von Kreislauf und Gasstoffwechsel auf dosierte Belastung: Cold Pressure Test, Flackerlicht, Lärm, körperliche Arbeit. Arch. Kreislaufforschung 30, 1, 31-103, 1959

HENDERSON, D., HAMERNIK, R.P., CROSSLEY, J.: New data for noise standards. Laryngoscope 84, 714-721, 1974

HENSEL, H.: Physiologie der menschlichen Hautdurchblutung. In: L. Debelius und E. Witzleb (eds.), Probleme der Haut- und Muskeldurchblutung, 57-69, Heidelberg-Berlin, 1964

HENSEL, H.: Anpassung in der Physiologie des Menschen - Erkenntnisse medizinischer Forschung. Universitas 27, 1163-1172, 1972

HENSEL, H.: Physiologie der Arterien. In: G. Heberer, G. Rau, W. Schoop (eds.): Angiologie, S. 123-140, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1974

HENSEL, H.: Grundbegriffe und neuere Aspekte der physiologischen Adaptation. Kolloquien des SFB 122, Band 2, S. 1-8, 1974

HENSEL, H., BENDER, F.: Fortlaufende Bestimmung der Hautdurchblutung am Menschen mit einem elektrischen Wärmeleitmesser. Pflügers Arch. ges. Physiol. 263, 603-614, 1956

HENSEL, H., BRANDT, S.: 6-plate element for recording of cutaneous blood flow. Pflügers Arch. 368, 165-167, 1977

HILDEBRANDT, G.: Die Koordination von Puls- und Atemfrequenz bei der Arbeit. Internat. Zeitschrift Angew. Physiol. 21, 27-48, 1965

HILDEBRANDT, G., ISHAG-GEORGE, B.: Untersuchungen über die Bedeutung anamnestischer Fragen für die Bestimmung vegetativer Reaktionstypen. Z. angew. Bäder- und Klimaheilk. 20, 237-273; 365-385, 1973

HU, J.H., ULRICH, W.D.: Effects of low-intensity ultrasound on the central nervous system of primates. Aviat. Space Environ. Med. 47 (6), 640-643, 1976

Institut für Demoskopie Allensbach: Umfrage über Lebensqualität, betreffend Lärm. Allensbach 1975

JANSEN, G.: Wirkungen des Lärms auf das vegetative Nervensystem des Menschen. Umschau, Heft 1, 12-13, 1961

JANSEN, G.: Psychosomatische Wirkungen des Lärms. Mitteilungen der Max-Planck-Gesellschaft, Heft 5, 293-303, 1966

JANSEN, G.: Zur nervösen Belastung durch Lärm. Zentralblatt für Arbeitsmedizin und Arbeitsschutz, Heft 9, Dr. D. Steinkopf Verlag, Darmstadt, 1967

JANSEN, G.: Experimenteller Beitrag zur "Konstanz vegetativer Schallreaktionen". Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Arbeitshygiene, 6. Jg., 10, 255-259, 1971

JANSEN, G.: Fluglärmwirkungen - Arbeitsphysiologischer Untersuchungsteil. DFG-Forschungsbericht Fluglärmwirkungen, Hauptbericht 1974

JANSEN, G., KLENSCH, H.: Beeinflussung des Ballistogramms durch Schallreize und durch Musik. Int. Z. angew. Physiol. einschl. Arbeitsphysiol. 20, 258-270, 1964

JOHNSON, D.L., MIXON, C.W., STEPHENSON, M.R.: Long-duration exposure to intermittent noises. Aviation Space and Environmental Medicine, Vol. 47, No. 9, 987-991, 1976

JOHNSON, L.C., TOWNSEN, R.E., WILSON, M.R.: Habituation during sleeping and waking. Psychophysiology, Vol. 12 (5), 574-584, 1975

JOHNSSON, L.G., HAWKINS, J.E.: Degeneration patterns in human ears exposed to noise. Annals Otol. Rhinol. a. Laryngol. Vol. 85, No. 6, 725-740, 1976

KEEFE, F.B., JOHNSON, L.C.: Cardiovascular responses to auditory stimuli. Psychonomic Science, 19, 335-337, 1970

KIHLMAN, T., LIDÉN, G., ANIANSSON, G.: Noise and hearing studies in shipyards. Environmental Research 11 (2), 182-189, 1976

KLUGE, E., FRIEDEL, B.: Über die Einwirkung einförmiger akustischer Reize auf den Funktionszustand des Gehirns. Zeitschrift Psychotherapie 3, 212-226, 1953

KOEPCHEN, H.P.: Atmungsregulation In: Gauer-Kramer-Jung, Physiologie des Menschen, Band 6, Atmung, 221-228, Verlag Urban u. Schwarzenberg, München 1972

KRAUS, H., RICHRATH, W., DULLWEBER, L., GERBIG, D., PRIESHOF, R., TILLMANN, J.: Noise and the RNA synthesis of the cochlea. Acta Otolaryngol. 80, 230-237, 1975

KRYTER, K.D.: The effects of noise on man. Part III: Non auditory system responses to noise. Academic Press New York-London, 1970

KRYTER, K.D.: Extraauditory effects of noise. In: Effects of noise on hearing D. Henderson et al. (eds.) Raven Press, New York, 531-546, 1976

LANDIS, C., HUNT, W.A.: The startle pattern . Farrar and Rinehart, Inc., New York 1939, Nachdruck 1968

LARSSON, L.-E.: The relation between the startle reaction and the non-specific EEG response to sudden stimuli with a discussion on the mechanism of arousal. Electroenceph. clin. Neurophysiol. 8, 631-644, 1956

LAYTON, B.: Perceptual noise and aging. Psychological Bulletin, Vol. 82, No. 6, 875-883, 1975

LAZARUS, R.S., AVERILL, J.R., OPTON, E.M.: Towards a cognitive theory of emotion. In: M.B. Arnold (ed), Feelings and emotions, 207-232, New York-London, 1970

LEHMANN, G.: Der Kampf dem Lärm. Deutsche med. Wochenschr. 82, 465-470, 1957

LEHMANN, G., MEYER-DELIUS, J.: Gefäßreaktionen der Körperperipherie bei Schalleinwirkung. Forschungsberichte des Wirtschafts- und Verkehrsministeriums NRW, 1958

LEHMANN, G., TAMM, J.: Die Beeinflussung vegetativer Funktionen des Menschen durch Geräusche. Forschungsberichte des Wirtschafts- und Verkehrsministeriums, NRW, Nr. 257, 1956

LILLE, F., AUDIN, G., HAZEMANN, P.: Effects of time and tasks upon auditory and somatosensory evoked potentials in man. Electroenceph. clin. Neurophysiol. Vol. 39 (3), 239-246, 1975

LILLE, F., PROVAZNIK, K., POTTIER, M.: Effects de stimulations sonores et lumineuses sur L'EEG au cours de taches psychosensorielles. Le Travail Humain 33, 77-86, 1970

LOOMIS, A.L., HARVEY, E.N., HOBART, III, G.A.: Distribution of disturbance - patterns in the human electroencephalogram, with special reference to sleep. J. Neurophysiol. 1, 413-430, 1938

MANGELSDORFF, A.D., ZUCKERMANN, M.: Habituation to scenses of violence. Psychophysiol. 12 (2), 124-129, 1975

MATOBA, T., KUSUMOTO, H., OMURA, H., KOTORII, T., KUWAHARA, H., TAKAMUTSU, M.: Digital plethysmographic responses to auditory stimuli in patients with vibration disease. Tohoku J. exp. Med. 115, 385-392, 1975

MELNICK, W.: Human tempory threshold shift from 16-hour noise exposures. Arch. Otolaryngol 100, 180-189, 1974

MEYER-DELIUS, J.: Die Schalleinwirkung auf den Menschen. Automobiltechn. Zeitschr. 59. Jg., 10, 293-297, 1957

MILLS, J.H.: Tempory and permanent threshold shift produced by nine-day exposure to noise. Journal of Speech and Hearing Research 16, 426-438, 1973

OPPLIGER, G., GRANDJEAN, E.: Vasomotorische Reaktionen der Hand auf Lärmreize. Helv. Physiol. Acta 17, 275-287, 1959

PERL, E.R., GALAMBOS, R., GLORIG, A.: The estimation of hearing threshold by Electroencephalography. Electroenc. and Clin. Neurophysiol. Vol. 5 (4), 1953

PFURTSCHELLER, G.: Ultralangsame Schwankungen innerhalb der rhythmischen Aktivität im Alpha-Band und deren mögliche Ursachen. Pflügers Arch. 367, 55-66, 1976

PIERSON, W.R.: Intellectual performance during prolonged exposure to noise and mild hypoxia. Aerospace Medicine 44, 723-724, 1973

POULTON, E.C.: Arousing environmental stresses can improve performance, whatever people say. Aviation, Space and Environmental Medicine, Vol. 47, No. 11, 1193-1204, 1976

POULTON, E.C., EDWARDS, R.S.: Interactions and range effects in experiments on pairs of stresses: mild heat and low-frequency noise. J. exp. Psychol. 102, 621-628, 1974

RAMAN, E.R., VANHUYSE, V.J.: Temperature dependence of the circulation pattern in the upper extremities. J. Physiol. 249, 197-210, 1975

RECHTSCHAFFEN, A., KALES, A.: A manual of standardized terminology, techniques and scoring system for sleep stages of human subjects. Public Health Series, U.S. Government, Printin Office, Washington, 1968

RODDIE, I.C., SHEPHERD, J.T., WHELAN, R.F.: A comparison of the heat elimination from the normal and nerve-blocked finger during body heating. J. Physiol. 138, 445-448, 1957

ROSSI, G. (ed.): Urban traffic noise: auditory and extra auditory effects. Acta Oto-Laryngologica, Suppl. 339, 1976

ROTHLIN, E., BLUNTSCHLI, H.J.: Plethysmographische Untersuchungen. Mitteilung. Helv. Physiol. Acta 2, 149-168, 1944

RUSHMER, R.F.: Cardiovascular Dynamics. W.B. Saunders Company, Philadelphia-London-Toronto, 1970

SADER, M.: Lautheit und Lärm. Verlag für Psychologie, Dr. C. Hogrefe, Göttingen, 1966

SAYERS, B.Mc A.: Physiological consequences of informational load and overload In: P.H. Venables and M.J. Chriestie (eds.), Research in Psychophysiologie, p. 96-124, 1975

SCHENK, E.: Neurologische Untersuchungsmethoden. Thieme Verlag Stuttgart, 1971

SCHÖNPFLUG, W. (ed.): Methoden der Aktivierungsforschung. Verlag Hans Huber Bern, 1969

SOKOLOV, E.N.: Perception and the conditioned reflex. Pergamon, Oxford, 1963

SOMMER, P.: Ein Geißel der Menschheit seit Jahrtausenden. Zeitung Documenta Geigy, 3-5, Geigy AG, Basel, 1967

STERN, R.M.: Effects of variation in visual and auditory stimulation on gastro-intestinal motility. Psychological Reports 14, 799-802, 1964

STRACHOV, A.B., KORSUNOVA, V.I., ANTAKOVA, N.V.: Morphologische Veränderungen der zentralen Strukturen des akustischen Analysators bei dauernder Lärmeinwirkung (in Russisch). Bjull. eksp. biol. med. Moskva 35, Nr. 6, 95-97, 1970

STRAUSS, H.: Das Zusammenschrecken. J. Psychol. u. Neurol. 39, 111-231, 1929

STÜRZEBECHER, E., WAGNER, H., GERHARDT, H.-J.: Zur Reizintervallabhängigkeit akustisch evozierter Potentiale. Acta Otolaryng. 77, 256-260, 1974

TERENT'EV, V.G., SELUDJAKOV, E.E., SVIRIDOVA, E.S.: Reaktion des Nerven- und des kardiovaskulären Systems des Menschen auf die Einwirkung von Fluglärm (in Russisch). Voenno-med. Z. Moskva 6, 55-58, 1969

THACKRAY, R.I., TOUCHSTONE, R.M., BAILEY, J.P.: Reactions to sonic booms: a report of two studies and a general evaluation of startle effects. Aviation, Space and Environmental Medicine, Vol. 46, No. 4, 369-377, 1975

THOMPSON, R.F., SPENCER, W.A.: Habituation: a model phenomenon for the study of neural substrates of behaviour. Psychological Review, Vol. 73 (1), 16-43, 1966

TOWNSEND, R.E., HOUSE, J.F., JOHNSON, L.C.: Auditory evoked potential in Stage 2 and REM-sleep during a 30-day-exposure to tone pulses. Psychophysiology, Vol. 13 (1), 54-57, 1976

UNGER, S.M.: Habituation of the vasoconstrictive orienting reaction. J. Exp. Psychol. Vol. 67 (1), 11-18, 1964

WARD, L.M., SVEDFELD, P.: Human responses to highway noise. Environmental Research 6, 306-326, 1973

WELCH, B.L.: Physiological effects of noise - an overview. Federation Proceedings, Vol. 32, No. 11, 2091-2092, 1972

WELCH, B.L., WELCH, A.S. (eds.): Physiological effects of noise. Plenum Press, New York-London, 1970

WELLMEIER, W.: Periphere Durchblutungsreaktionen auf akustische Reize. Dissertation Marburg, 1975

WILDER, J.: The law of initial value in Neurology and Psychiatrie. Journal of Nervous and Mental Disease 125, 73-86, 1957

## 7. Anhang

Im Zusammenhang mit der Versuchsserie waren von den Versuchspersonen zwei verschiedene Fragebögen auszufüllen:

1. "Vela"-Fragebogen (FAHRENBERG, 1965), um festzustellen, ob die vegetative Labilität der VP im Bereich der Norm lag (Normierung auf Studenten, getrennt für männlich und weiblich). Er war vor Beginn und nach Abschluß der Versuchsserie auszufüllen. Nur eine Studentin wurde dadurch aufgrund zu hoher vegetativer Labilität von den Versuchen ausgeschlossen. Nach Abschluß der Serie war keine der VP außerhalb des Normbereichs geraten.

2. Wiederholungsform der Freiburger Beschwerdeliste (FAHRENBERG, 1974) und ein selbst zusammengestellter Anhang. Mit einer täglichen Kontrolle der vegetativen Labilität sowie des Genußmittel- und Medikamentenkonsums sollte festgestellt werden, ob hier Ursachen für außergewöhnliche Reaktionen der physiologischen Größen zu finden sein würden. Ein solcher Zusammenhang konnte aber nicht festgestellt werden. Anhand der persönlich empfundenen Einstufung von Lautheit und Unangenehmheit der Geräusche auf einer Rangskala sollte etwas über den subjektiven Gewöhnungsprozeß ausgesagt werden (siehe 3.1.).

FRAGEBOGEN Name:
Datum:

Anleitung

Die folgenden Fragen beziehen sich auf verschiedene körperliche Vorgänge und Beschwerden. Beantworten Sie bitte alle Fragen, indem Sie einen Kreis um das "ja" machen, wenn Sie eine Frage bejahen müssen, und indsem Sie einen Kreis um das "nein" machen, wenn Sie eine Frage verneinen. Lassen Sie bitte keine Frage aus!

1. Haben Sie häufig Kopfschmerzen? ja/nein
2. Beginnt Ihr Herz manchmal zu jagen oder zu stolpern und unregelmäßig zu schlagen? ja/nein
3. Spüren Sie Ihr Herz gelegentlich bis zum Hals hinauf schlagen? ja/nein
4. Erröten oder erblassen Sie leicht? ja/nein
5. Haben Sie manchmal Ohrensausen oder Augenflimmern? ja/nein
6. Haben Sie manchmal ein Pochen oder deutliches Pulsieren in den Adern? ja/nein
7. Haben Sie manchmal Stiche in der Brust oder Halsschmerzen? ja/nein
8. Wird Ihnen leicht schwindlig oder schwarz vor Augen, wenn Sie sich aus liegender Stellung plötzlich aufrichten? ja/nein
9. Wird Ihnen leicht schwindlig oder übel, wenn Sie z.B. vom Dachrand oder einem anderen erhöhten Ort in die Tiefe blicken, wenn Sie sich auf einem Karussel oder auf einem schlingernden Schiff befinden? ja/nein
10. Haben Sie manchmal Hitzewallungen oder Blutandrang zum Kopf? ja/nein
11. Haben Sie manchmal Schüttelfrost, d.h. einen Wechsel von Hitzewallungen und Kälteschauern? ja/nein
12. Haben Sie selbst bei warmer Witterung häufig kalte Hände oder Füße? ja/nein
13. Bemerken Sie häufiger Kribbeln und Prickeln oder auch Taubheit und Einschlafen Ihrer Hände, Arme und Beine? ja/nein

14. Bleibt Ihnen in aufregenden Situationen leicht die Luft weg, so daß Sie erst wieder ganz tief Atem holen müssen? ja/nein

15. Haben Sie manchmal das Gefühl, einen Kloß im Halse zu haben? ja/nein

16. Werden Sie manchmal kurzatmig, auch ohne schwere Arbeit verrichtet zu haben? ja/nein

17. Haben Sie manchmal das Gefühl, nicht genügend Luft zu bekommen, ein Gefühl erstickender Enge in der Brust? ja/nein

18. Haben Sie häufiger einen trockenen Mund? ja/nein

19. Haben Sie manchmal starken Speichelfluß, unabhängig von den Mahlzeiten? ja/nein

20. Fühlen Sie sich fast ständig hungrig? ja/nein

21. Können Sie das Essen meist gut vertragen? ja/nein

22. Haben Sie häufiger Appetitmangel? ja/nein

23. Haben Sie häufiger Schwierigkeiten beim Schlucken? ja/nein

24. Haben Sie einen empfindlichen Magen (Magendrücken, Völlegefühl, Magenschmerzen)? ja/nein

25. Haben Sie häufiger Aufstoßen oder Sodbrennen? ja/nein

26. Haben Sie häufiger Übelkeit oder Erbrechen? ja/nein

27. Haben Sie häufiger Blähungen? ja/nein

28. Haben Sie häufiger Verstopfung? ja/nein

29. Haben Sie häufiger Durchfall? ja/nein

30. Pflegt sich bei Ihnen in aufregenden oder angstvollen Situationen Stuhldrang oder Harndrang einzustellen? ja/nein

31. Schwitzen Sie viel, sogar an kühlen Tagen? ja/nein

32. Haben Sie manchmal rote Flecken am Hals oder im Gesicht? ja/nein

33. Haben Sie häufiger feuchte Hände und Füße? ja/nein

34. Haben Sie eine empfindliche Haut? ja/nein

35. Haben Sie eine Allergie, d. h. eine spezielle Überempfindlichkeitsreaktion wie Heuschnupfen, Ekzeme usw.? ja/nein

36. Kann sich Ihr Körper nur selten ganz entspannen? ja/nein

37. Kommt es vor, daß Sie in bestimmten Situationen etwas zu stottern beginnen? ja/nein

38. Sind Ihre Hände häufiger zittrig (z. B. beim Anzünden einer Zigarette oder Halten einer Tasse)? ja/nein

39. Bemerken Sie, daß Ihre Hände und Füße häufiger ruhelos sind? ja/nein

40. Bemerken Sie häufiger ein unwillkürliches Zucken um Ihr Auge, ein Zucken des Gesichts, des Kopfes oder der Schulter? ja/nein

41. Sind Sie ziemlich schmerzempfindlich? ja/nein

42. Sind Sie zu bestimmten Zeiten oder auch im allgemeinen besonders lichtempfindlich und geräuschempfindlich, so daß Ihnen helles Licht, krasse Farben oder bestimmte Geräusche körperlich "weh" tun? ja/nein

43. Haben Sie nur selten Schmerzen? ja/nein

44. Zucken Sie leicht zusammen, wenn sich etwas schnell bewegt oder wenn Sie ganz unvermutet von jemandem angesprochen werden? ja/nein

45. Beginnen Sie bei Schreck oder Aufregung zu zittern oder bekommen Sie leicht "weiche Knie"? ja/nein

46. Bekommen Sie leicht Lampenfieber und körperliche Unruhe vor bestimmten Ereignissen? ja/nein

47. Kommen Ihnen bei bestimmten Anlässen leicht die Tränen? ja/nein

48. Ermüden Sie schneller als die meisten Menschen Ihrer Umgebung? ja/nein

49. Spüren Sie es in Ihrem ganzen Körper, wenn Sie sich über etwas sehr ärgern oder aufregen? ja/nein

50. Haben Sie Schwierigkeiten einzuschlafen oder durchzuschlafen? ja/nein

51. Braucht Ihr Körper eigentlich mehr als 8 Stunden Schlaf, um sich wirklich zu erholen? ja/nein

52. Sind Sie morgens nach dem Aufwachen meist noch eine ganze Weile müde und "zerschlagen"? ja/nein

53. Sind Sie häufiger abgespannt, matt und erschöpft? ja/nein

54. Reagiert Ihr Körper deutlich auf Witterungsumschwung bzw. auf Klimawechsel? ja/nein

55. Trinken Sie täglich mehr als 6 normal große Tassen Flüssigkeit (Wasser, Kaffee, Milch u.a. Getränke)? ja/nein

56. Träumen Sie ziemlich oft? ja/nein

Name:..... Datum:.....
Versuchsperson Nr.:..... Versuchstag Nr.....

---

Anleitung:

Sie werden auf den folgenden Seiten eine Reihe von Fragen nach verschiedenen körperlichen Vorgängen und Beschwerden finden. Antworten Sie bitte, wie Sie sich in der Zeit seit dem letzten Versuch gefühlt haben.

Jeweils wird nach der Intensität der Beschwerden gefragt. Die Antwortmöglichkeiten, die zur Vereinfachung bereits vorgedruckt sind, lauten:

sehr stark stark ziemlich schwach sehr schwach
es ist nichts anzustreichen, falls Häufigkeit "nie".

Natürlich können in diesen Antworten nicht alle Besonderheiten berücksichtigt werden. Kreuzen Sie aber trotzdem immer das Antwortkästchen an, welches noch am ehesten für Sie zutrifft. Beantworten Sie bitte die Fragen hintereinander, ohne eine Frage auszulassen oder zu überspringen.

| | sehr stark | stark | ziemlich | schwach | sehr schwach |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. Fühlten Sie sich heute morgen nach dem Aufstehen noch müde und zerschlagen? | | | | | |
| 2. Hatten Sie gestern abend Schwierigkeiten einzuschlafen? | | | | | |
| 3. Hatten Sie letzte Nacht Schwierigkeiten durchzuschlafen? | | | | | |
| 4. Hatten Sie seit dem letzten Versuch das Gefühl, daß Ihr körperliches Leistungsvermögen verringert war? | | | | | |
| 5. Waren Sie seit dem letzten Versuch schnell ermüdbar? | | | | | |
| 6. War Ihnen seit dem letzten Versuch schwindelig, wenn Sie sich aus liegender Stellung aufrichteten? | | | | | |
| 7. Fühlten Sie sich seit dem letzten Versuch benommen? | | | | | |
| 8. Hatten Sie seit dem letzten Versuch Kopfschmerzen? | | | | | |
| 9. Hatten Sie seit dem letzten Versuch Appetitmangel? | | | | | |
| 10. Reagierte Ihr Körper seit dem letzten Versuch auf eine Wetterveränderung? | | | | | |
| 11. Schlug Ihr Herz seit dem letzten Versuch unregelmäßig? | | | | | |
| 12. Hatten Sie seit dem letzten Versuch das Gefühl, Ihr Herz würde aussetzen? | | | | | |
| 13. Hatten Sie seit dem letzten Versuch Blutandrang zum Kopf? | | | | | |

| | sehr stark | stark | ziemlich | schwach | sehr schwach |
|---|---|---|---|---|---|
| 14. Hatten Sie seit dem letzten Versuch ein Gefühl der Schwere in der Herzgegend? | | | | | |
| 15. Hatten Sie seit dem letzten Versuch Herzschmerzen? | | | | | |
| 16. Hatten Sie seit dem letzten Versuch beim Treppensteigen Herzklopfen? | | | | | |
| 17. Hatten Sie seit dem letzten Versuch beim Treppensteigen Atemnot? | | | | | |
| 18. Hatten Sie seit dem letzten Versuch das Gefühl ersticken-der Enge in der Brust? | | | | | |
| 19. Hatten Sie seit dem letzten Versuch einen empfindlichen Magen? | | | | | |
| 20. Hatten Sie seit dem letzten Versuch Völlegefühl? | | | | | |
| 21. Hatten Sie seit dem letzten Versuch Sodbrennen? | | | | | |
| 22. War Ihnen seit dem letzten Versuch übel? | | | | | |
| 23. Hatten Sie seit dem letzten Versuch Blähungen? | | | | | |
| 24. Hatten Sie seit dem letzten Versuch Verstopfung? | | | | | |
| 25. Hatten Sie seit dem letzten Versuch Bauchschmerzen? | | | | | |
| 26. Hatten Sie seit dem letzten Versuch ein Druckgefühl im rechten Oberbauch? | | | | | |
| 27. Hatten Sie seit dem letzten Versuch feuchte Hände? | | | | | |
| 28. Haben Sie seit dem letzten Versuch geschwitzt, obwohl es kühl war? | | | | | |

| | sehr stark | stark | ziemlich | schwach | sehr schwach |
|---|---|---|---|---|---|
| 29. Hatten Sie seit dem letzten Versuch plötzlich Schweißausbrüche? | | | | | |
| 30. Spürten Sie seit dem letzten Versuch einen Druck hinter den Augen? | | | | | |
| 31. Hatten Sie seit dem letzten Versuch Nackenschmerzen? | | | | | |
| 32. Hatten Sie seit dem letzten Versuch Schulterschmerzen? | | | | | |
| 33. Hatten Sie seit dem letzten Versuch Kreuzschmerzen? | | | | | |
| 34. Hatten Sie seit dem letzten Versuch Schmerzen in den Armen? | | | | | |
| 35. Hatten Sie seit dem letzten Versuch Mißempfindungen an Ihren Armen oder Händen (Kribbeln, Prickeln, Taubheit)? | | | | | |
| 36. Hatten Sie seit dem letzten Versuch Mißempfindungen an Ihren Beinen oder Füßen (Kribbeln, Prickeln, Taubheit)? | | | | | |
| 37. Hatten Sie seit dem letzten Versuch Schmerzen in den Beinen? | | | | | |
| 38. Spürten Sie seit dem letzten Versuch, daß Ihr ganzer Körper verkrampft war? | | | | | |
| 39. Stellten Sie seit dem letzten Versuch fest, daß Sie sich während des Arbeitens verkrampft haben? | | | | | |
| 40. Haben Sie sich seit dem letzten Versuch beim Schreiben verkrampft? | | | | | |

Die folgenden Fragen beziehen sich ebenfalls auf die Zeit seit dem letzten Versuch.

Haben Sie mehr oder andere Medikamente zu sich genommen?

nein ja

Wenn ja, wovon und wieviel?

Haben Sie mehr als normal

Kaffee bzw. Tee Cola Alkohol Tabak

zu sich genommen?

Waren irgendwelche besonderen Vorkommnisse?

nein ja

Wenn ja, welche?

Wie empfanden Sie den heutigen Versuch?
Wenn Ihnen eine Werteskala von 1 bis 10 zur Verfügung steht, wobei 10 für sehr stark stehen soll und 1 für sehr schwach, wie unangenehm waren Ihnen dann heute die Geräusche?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Und wie laut haben Sie die Geräusche heute empfunden?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Bitte kreuzen Sie die entsprechenden Werte an.

Haben Sie zum heutigen Versuch sonst noch etwas anzumerken? Wenn möglich, beschreiben Sie bitte Ihre Empfindungen beim heutigen Versuch.

## Schlußwort

Mein Dank an erster Stelle gilt Herrn Prof.Dr.Herbert Hensel, zum einen für die Gelegenheit, am Physiologischen Institut zu arbeiten, zum anderen für die Stellung des Themas, die stets gewährte Unterstützung und viele wichtige Anregungen.

Frau Christine Christiansen und Frau Helga Jäger sei gedankt für engagierte Mithilfe bei der Durchführung und Auswertung der Experimente sowie für die Anfertigung der Bilder.

Auch allen anderen Mitarbeitern des Instituts, insbesondere der Abteilung Neurophysiologie, danke ich für den Beistand mit Rat und Tat ebenso wie für eine freundschaftliche Atmosphäre bei der Arbeit.

## Lebenslauf

| | |
|---|---|
| 8.9.1949 | geboren in Stuttgart<br>Eltern: Ralf Hartmann und<br>Senta Hartmann, geb. Fricke |
| 1956 bis 1960 | Volksschule in Stuttgart |
| 1960 bis 1968 | Hölderlin-Gymnasium in Stuttgart |
| 31.5.1968 | Abitur |
| 1968 bis 1970 | Pharmazeutisches Praktikum in Stuttgart |
| 26.5.1970 | Pharmazeutische Vorprüfung |
| 1970 bis 1973 | Pharmaziestudium in Karlsruhe |
| 23.10.1973 | Pharmazeutisches Staatsexamen |
| 1974 bis 1975 | Ergänzungsstudium Humanbiologie in Marburg, daneben Anstellung als wiss. Hilfskraft am Physiologischen Institut |
| seit 1.7.1975 | wiss. Angestellte am selben Institut |

Meine akademischen Lehrer waren die Damen und Herren Professoren, Dozenten und Doktoren:

in Karlsruhe: Becker, Birkholz, Braunagel, Cyran, Fritz, Gerritzen, Interschick, Jurzitza, Klein, Krogmann, Krummer, Kühlwein, Lichtenthaler, Lilienthal, v. Massow, Neidlein, Riechert, Schmidt-Lorenz, Schwenker, Stamm, Vogt, Volz, Wolbert

in Marburg: Amon, Aziz, Braasch, Braun, Fruhstorfer, Golenhofen, Haberich, Habermehl, Hensel, Heubel, Hildebrandt, Himmelmann, Ihm, Koransky, v. Kraft, Kriegelstein, Lammel, Lütcke, Matthiessen, Nier, Portig, Priebe, Schneider, Strempel.